

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) - VOLUME I

**Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I,
Brumadinho/MG - Áreas de Estudo**

29 de agosto de 2023



ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) - VOLUME I

**Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I,
Brumadinho/MG - Áreas de Estudo**

Vale S.A.

ago-23





Referências Cadastrais

Cliente:	Vale SA
Localização:	Brumadinho / MG
Título:	Estudo de Impacto Ambiental (EIA) - Volume I - Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I, Brumadinho/MG.
Contato:	Aidene Godinho - Gerente de Licenciamento da Reparação
E-mail:	central.ambiental.brumadinho@vale.com
Gerente:	Luanna Di Guimarães
Data do documento:	29 de agosto de 2023

Verificador/aprovador

Luanna Di Guimarães

Gerente Ambiental

Este documento é composto de 01 volume e está sendo entregue em 01 cópia digital.

Isenção de Responsabilidade:

Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.

Este documento foi preparado pela Arcadis com observância das normas técnicas recomendáveis e em estrita obediência aos termos do pedido e contrato firmado com o cliente. Em razão disto, a Arcadis isenta-se de qualquer responsabilidade civil e criminal perante o cliente ou terceiros pela utilização deste documento, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado.



Sumário

1	APRESENTAÇÃO.....	1
2	IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS EMPREENDEDOR E CONSULTORIA	3
3	INTRODUÇÃO	5
3.1	LOCALIZAÇÃO E ACESSO AO EMPREENDIMENTO.....	8
4	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS	10
4.1	Avaliação de Alternativas Tecnológicas.....	10
4.1.1	Análise das alternativas.....	11
4.1.2	Análise de Risco	21
4.1.3	Conclusão.....	23
4.2	Alternativa Zero	24
5	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	26
5.1	Fase de Planejamento.....	26
5.1.1	Avaliações geológica-geotécnicas	27
5.1.2	Estudos Hidrológico-hidráulicos	36
5.1.3	Estudos Sedimentológicos	41
5.2	Fase de Implantação	46
5.2.1	Atividades Construtivas da Obra de Descaracterização	46
5.2.2	Canteiro de Obras	62
5.2.3	Disposição dos materiais removidos	62
5.2.4	Materiais e Insumos de Obra	62
5.2.5	Equipamentos e veículos	63
5.2.6	Mão de Obra Temporária para Implantação.....	63
5.2.7	Cronograma de Obras.....	63
5.3	Fase Pós Descaracterização.....	65
5.3.1	Monitoramento e Manutenção.....	65
5.4	Aspectos Ambientais e Controles Ambientais	68
6	ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS	72



7	ÓRGÃOS E ENTIDADES ENVOLVIDOS.....	80
	ANEXOS	81

Tabelas

Tabela 2-1 - Identificação do Empreendedor	3
Tabela 2-2 - Identificação da Empresa Responsável pelo Estudo.....	3
Tabela 2-3 - Equipe Técnica Responsável pelo Estudo.....	3
Tabela 2-4 - Equipe de Apoio	4
Tabela 3-1 - Dados Gerais da Barragem Menezes I.....	5
Tabela 4-1 - Tabela de Quantidades - Alternativa 1	13
Tabela 4-2 - Tabela de Quantidades - Alternativa 2	17
Tabela 4-3 - Tabela de Quantidades - Alternativa 3	20
Tabela 4-4 - Matriz de avaliação de risco das Alternativas	22
Tabela 4-5 - Vantagens e desvantagens entre as alternativas avaliadas.	23
Tabela 4-6 - Resumo técnico e comparação entre as alternativas avaliadas.....	24
Tabela 5-1 - Fatores de Segurança Mínimos Exigidos por Norma	27
Tabela 5-2 - Parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade	28
Tabela 5-3 - Resumo dos resultados das análises de estabilidade.	30
Tabela 5-4 - Resumo dos resultados das análises de estabilidade.	33
Tabela 5-5 - Parâmetros de modelagem hidrológica da bacia de contribuição	36
Tabela 5-6 - Vazões máximas para diferentes Tempos de Recorrência	38
Tabela 5-7 - Classes de Cobertura Vegetal e Uso do Solo presente na ADA do Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I	48
Tabela 5-8 - Serviços em Terra / Terraplenagem	53
Tabela 5-9 - Resumo dos dimensionamentos hidráulicos.....	61
Tabela 5-10 - Principais aspectos ambientais	68
Tabela 6-1 - Síntese da legislação aplicável ao processo de licenciamento ambiental do Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I	74



Figuras

Figura 3-1 - Fotografia área da barragem Menezes I.	6
Figura 3-2 - Delimitação da Área Diretamente Afetada do Projeto Básico da Descaracterização da Barragem de Menezes I. Elaborado por Arcadis, 2023.	7
Figura 3-3 - Localização da Barragem Menezes I, do município de Brumadinho e seus acessos	9
Figura 4-1 - Planta de locação da Seção B-B para análises de estabilidade.	12
Figura 4-2 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira direita) - Superfície não circular - FS = 1,70.	12
Figura 4-3 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira esquerda) - Superfície não circular - FS = 1,60.	12
Figura 4-4 - Planta de locação da Seção A-A e B-B para análises de estabilidade.	15
Figura 4-5 - Seção A-A - Condição Normal - Superfície não circular - FS = 3,64.	15
Figura 4-6 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira direita) - Superfície não circular - FS = 1,84.	15
Figura 4-7 - Seção A-A - Condição Não Drenada - Superfície não circular - FS = 1,99.	16
Figura 4-8 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira esquerda) - Superfície não circular - FS = 1,53.	16
Figura 4-9 - Seção A-A - Condição Pseudo-Estática (Solo residual drenado) - Superfície não circular - FS = 2,95.	16
Figura 4-10 - Planta de locação da Seção A-A e B-B para análises de estabilidade	18
Figura 4-11 - Seção A-A - Condição Normal - Superfície não circular - FS = 2,50.	18
Figura 4-12 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira direita)- Superfície não circular - FS = 1,79.	18
Figura 4-13 - Seção A-A - Condição Não Drenada - Superfície não circular - FS = 1,48.	19
Figura 4-14 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira esquerda) - Superfície não circular - FS = 1,53.	19
Figura 4-15 - Seção A-A - Condição Pseudo-Estática (Solo residual drenado) - Superfície não circular - FS = 2,19. ..	19
Figura 5-1 - Planta de locação das seções para análises de estabilidade.	29
Figura 5-2 - Seção D-D - Inicial (Situação atual) - Montante - Superfície não circular - FS = 2,14.	31
Figura 5-3 - Seção D-D - Fase Executiva 2 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) - Superfície não circular - FS = 1,80.	31
Figura 5-4 - Seção D-D - Inicial (Situação atual) - Jusante - Superfície não circular - FS = 1,65.	31
Figura 5-5 - Seção D-D - Fase Executiva 2 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) - Rebaixamento Rápido - Superfície não circular - FS = 1,43.	31
Figura 5-6 - Seção D-D - Fase Executiva 1 (rebaixamento do reservatório até a cota 824m) - Superfície não circular - FS = 1,81.	31
Figura 5-7 - Seção D-D - Fase Executiva 2 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) - Superfície não circular - FS = 1,90.	31



Figura 5-8 - Seção D-D - Fase Executiva 1 (rebaixamento do reservatório até a cota 824m) - Rebaixamento Rápido - Superfície não circular - FS = 1,68.....	31
Figura 5-9 - Seção D-D- Fase Executiva 3 (rebaixamento do maciço até a cota 822m e dos sedimentos até a cota 818m) - Superfície não circular - FS = 1,81.	31
Figura 5-10 - Seção D-D - Fase Executiva 1 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) - Superfície não circular - FS = 1,65.	32
Figura 5-11 - Seção D-D- Fase Executiva 3 (rebaixamento do maciço até a cota 822m e dos sedimentos até a cota 818m) - Rebaixamento Rápido - Superfície não circular - FS = 1,41.	32
Figura 5-12 - Seção D-D - Fase Executiva 3 (rebaixamento do maciço até a cota 822m e dos sedimentos até a cota 818m) - Superfície não circular - FS = 2,07.	32
Figura 5-13 - Seção D-D - Fase Executiva 4 (rebaixamento do maciço até a cota 819m e dos sedimentos até a cota 815m) - Superfície não circular - FS = 2,08.	32
Figura 5-14 - Seção D-D - Fase Executiva 4 (rebaixamento do maciço até a cota 819m e dos sedimentos até a cota 815m) - Superfície não circular - FS = 1,80.	32
Figura 5-15 - Seção D-D - Final (rebaixamento do maciço até a cota 815m e dos sedimentos até a cota 815m) - Superfície não circular - FS = 2,87.....	32
Figura 5-16 - Seção D-D - Fase Executiva 4 (rebaixamento do maciço até a cota 819m e dos sedimentos até a cota 815m) - Rebaixamento Rápido - Superfície não circular - FS = 1,42.	32
Figura 5-17 - Seção A-A - Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,88.....	34
Figura 5-18 - Seção A-A - Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,88.....	34
Figura 5-19 - Seção A-A - Condição Sismo (El. 825) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,78.....	34
Figura 5-20 - Seção A-A- Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 2,17.....	34
Figura 5-21 - Seção A-A- Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 2,17.....	34
Figura 5-22 - Seção A-A- Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 2,17.....	34
Figura 5-23 - Seção A-A - Condição Sismo (El. 825) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 2,02.....	34
Figura 5-24 - Seção A-A - Condição Normal (El. 815) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,52.....	34



Figura 5-25 - Seção A-A - Condição Normal (El. 815) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,50.....	34
Figura 5-26 - Seção A-A - Condição Normal (El. 815) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,52.....	34
Figura 5-27 - Seção A-A - Condição Sismo (El. 815) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,38.....	35
Figura 5-28 - Seção A-A - Condição Normal (El. 815) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,59.....	35
Figura 5-29 - Seção A-A - Condição Normal (El. 815) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,55.....	35
Figura 5-30 - Seção A-A - Condição Sismo (El. 815) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,45.....	35
Figura 5-31 - Seção A-A - Condição Sismo (El. 815) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,40.....	35
Figura 5-32 - Seção A-A - Condição Crítica (El. 815) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - FS = 1,36.....	35
Figura 5-33 - Seção A-A - Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,88.....	35
Figura 5-34 - Seção A-A - Condição Crítica (El. 815) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - FS = 1,33.....	35
Figura 5-35 - Delimitação das Sub-Bacias e do Talvegue das Barragens Menezes I e Menezes II.	37
Figura 5-36 - Hidrogramas de vazões.....	39
Figura 5-37 - Delimitação da Bacia de Contribuição afluente ao bueiro da cava da Mina Córrego do Feijão.....	42
Figura 5-38 - Comparação das Curvas Cota x Volume do Reservatório da barragem Menezes I.....	43
Figura 5-39 - Comparação das Curvas Cota x Volume do Reservatório da Barragem Menezes II.	44
Figura 5-40 - Sequência construtiva do processo de descaracterização da Barragem Menezes I (Head5, 2023)	47
Figura 5-41 - Mapa de uso e cobertura vegetal da área do Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I....	49
Figura 5-42 - Acesso Construtivo - Planta (Fonte: 1850JJ-X-31343 - BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA).....	51
Figura 5-43 - Acesso Construtivo - Perfil longitudinal (Fonte: 1850JJ-X-31343 - BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA)	51
Figura 5-44 - Arranjo Geral - Planta (Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA, 2021 (1850JJ-X-31337 - Anexo XII - Volume I)	54
Figura 5-45 - Arranjo Geral - Perfil Longitudinal. Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA(1850JJ-X-31338 - Anexo XIII - Volume I).....	55



Figura 5-46 - Arranjo Geral - Seção A (passa pela crista da barragem). Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA(1850JJ-X-31338 - Anexo XIII - Volume I).....	55
Figura 5-47 - Perfil longitudinal do canal de drenagem desenvolvido. Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA (1850JJ-X-31340 - Anexo XV- Volume I).....	57
Figura 5-48 - Arranjo do canal de drenagem. Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA(1850JJ-X-31339 - Anexo XI - Volume I)).....	57
Figura 5-49 - Ilustração do canal definitivo (Fonte: Head5, 2023).....	59
Figura 5-50 - Perfil dos resultados dos dimensionamentos	59
Figura 5-51 - Perfil da linha de água no canal de drenagem, para a vazão defluente máxima com TR 10.000 anos... 60	
Figura 5-52 - Cronograma das obras de descaracterização da barragem Menezes I.	64
Figura 5-53 - Localização de instrumentação prevista para monitoramento após descaracterização da barragem Menezes I. Fonte: 18500JJ-N-00001 (Head5, 2023).....	66
Figura 5-54 - Perfil detalhado da instrumentação. Fonte: 18500JJ-X-31500 (Head5, 2023).	67

Anexos

Anexo I - Relatório Técnico RL-1850JJ-G-31061	82
Anexo II - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31169.....	83
Anexo III - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31170.....	84
Anexo IV - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31171	85
Anexo V - Desenho 1850JJ-X-31267_Alt.1.....	86
Anexo VI - Desenho 1850JJ-X-31311_Alt. 2	87
Anexo VII - Desenho 1850JJ-X-31312_Alt. 3	88
Anexo VIII - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31201_R0.....	89
Anexo IX - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31241	90
Anexo X - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31201_R0.....	91
Anexo XI - Desenho 1850JJ-X-31339.....	92
Anexo XII - Desenho 1850JJ-X-31337	93
Anexo XIII - Desenho 1850JJ-X-31338.....	94
Anexo XIV - PQ-1850JJ-X-31120	95
Anexo XV - Desenho 1850JJ-X-31340	96
Anexo XVI - Cadastro Técnico Federal (CTF) - ARCADIS.....	97



Anexo XVII - Cadastro Técnico Federal (CTF) - EQUIPE TÉCNICA 98

Anexo XVIII - Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) - Equipe Técnica..... 99



1 APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) com vistas à formalização do processo de licenciamento ambiental concomitante - LAC 1 para o **Projeto de Descaracterização da barragem Menezes I**, localizada na Mina de Córrego do Feijão, município de Brumadinho, Estado de Minas Gerais.

Com o objetivo de cumprir com a descaracterização de barragens, a Vale S.A. deu início ao projeto de descaracterização da barragem Menezes I, mesmo sendo uma estrutura de etapa única, não tendo passado por nenhum alteamento e não apresentando risco. A descaracterização consiste na eliminação da função de reservatório de água e/ou contenção de sedimentos da estrutura. Para isso, a barragem passará por uma remoção dos sedimentos presentes no reservatório e escavação do maciço. Posteriormente, será configurada de forma a criar um canal central que permita o direcionamento do fluxo de águas superficiais no local, impedindo assim a retenção ou acúmulo de água e sedimentos.

Nesse contexto, a Vale S.A. contratou a empresa BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA Engenharia para desenvolver o Estudo de Alternativas e Projeto Conceitual de Descaracterização da estrutura, e por conseguinte, a participação da Arcadis na elaboração do EIA. Embora as atividades envolvidas na descaracterização não sejam consideradas passíveis de licenciamento ambiental conforme Deliberação Normativa Copam nº 217 de 06 de dezembro de 2017, é importante ressaltar que haverá supressão de vegetação nativa em estágio médio de regeneração no Domínio do bioma Mata Atlântica. Essa supressão está sujeita à apresentação do Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), conforme exigências da Lei da Mata Atlântica, também conhecida como Lei nº 11.428/2006, que estabelece as regras para a proteção e o uso sustentável desse bioma. Essa lei define os critérios para a supressão de vegetação e as obrigações relacionadas à sua compensação ou recuperação. Além disso, a Lei nº 12.651/2012, conhecida como Código Florestal, também tem relevância nesse contexto. Essa legislação estabelece as diretrizes gerais para a proteção das florestas e demais formas de vegetação nativa, incluindo regras específicas para a supressão e a recuperação de áreas de preservação permanente e reserva legal.

Portanto, com base no Art. 4º da Deliberação Normativa Copam nº 246 de 2022, o projeto em tela foi adicionado à "Listagem H - Outras Atividades" e ao código "*H-01-01-1 - Atividades e empreendimentos não listados ou não enquadrados em outros códigos, com supressão da vegetação primária ou secundária nativa pertencentes ao bioma Mata Atlântica, em estágios médio e/ou avançado de regeneração, sujeita a EIA/RIMA nos termos da Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, exceto árvores isoladas*", conforme estabelecido na Deliberação Normativa Copam nº 217 de 2017.



A elaboração deste EIA contempla um conjunto de estudos e análises necessárias à verificação e avaliação de impactos ambientais relevantes inerentes às atividades de descaracterização da barragem Menezes I, principalmente, devido à supressão de vegetação do bioma Mata Atlântica. A estrutura e conteúdo do presente documento seguiu as diretrizes contidas no “Termo de Referência (TR) para elaboração de EIA/RIMA para atividades ou empreendimentos com necessidade de corte ou supressão de vegetação do Bioma Mata Atlântica”, emitido pelo SISEMA em 20 de dezembro de 2021 e atualizado em setembro de 2022.

Os estudos foram conduzidos por uma equipe multidisciplinar de profissionais, que realizou a integração dos temas estudados na região de inserção do empreendimento com as características do projeto de engenharia desenvolvido pela Vale. Deste modo, foi possível avaliar os potenciais impactos ambientais associados à sua implantação e pós-descaracterização e propor um conjunto de medidas e ações consideradas como necessárias à prevenção, ao controle, à mitigação e à compensação das interferências ambientais prognosticadas, nos temas referentes aos meios físico, biótico e socioeconômico e cultural.

Em termos de estrutura, este documento é apresentado em três Volumes. O Volume I descreve a Caracterização do Empreendimento, com todas as informações técnicas pertinentes, onde são abordados aspectos do arranjo geral do empreendimento com base em informações técnicas e avaliações realizadas pela Vale. Além disso, são repostadas informações do projeto conceitual concluído e o progresso do projeto básico, os quais foram desenvolvidos por empresas especializadas. Apresenta-se a Legislação Ambiental Aplicável ao licenciamento do empreendimento, nas instâncias federal, estadual e municipal. O Volume II aborda a definição das Áreas de Estudo e descrição detalhada da Metodologia usada na elaboração dos trabalhos e apresenta o Diagnóstico Ambiental para os meios Físico, Biótico e Socioeconômico e Cultural. O Volume III exibe a Análise Integrada dos fatores ambientais e composição do Prognóstico com a Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais, que serão resultantes das obras de descaracterização do projeto. A partir dessa identificação são delimitadas as Áreas de Influência. Faz-se, então, a finalização com propostas para Ações de Controle, Mitigação e de Compensação dos referidos impactos - medidas essenciais para avaliar a viabilidade ambiental da sua implantação no âmbito do Plano de Controle Ambiental - PCA.



2 IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS EMPREENDEDOR E CONSULTORIA

Tabela 2-1 - Identificação do Empreendedor

Contratante	
Razão Social	VALE S.A.
CNPJ	33.592.510/0008-20
Endereço	ECT Alberto Flores - Fazenda Córrego do Feijão - Mina Córrego do Feijão s/n - zona rural CEP. 37.000-37
Representante Legal	Aidene Godinho - Gerente de Licenciamento da Reparação
Telefone	(31) 99694-4403
e-mail	central.ambiental.brumadinho@vale.com
Endereço para correspondência	Alameda Oscar Niemeyer, 132 - Edifício Concórdia - Vale do Sereno CEP: 34.006-049 Nova Lima - MG - Brasil

Tabela 2-2 - Identificação da Empresa Responsável pelo Estudo

Arcadis Brasil	
Razão Social	Arcadis S.A.
CNPJ	07.939.296/0001-50
CTF	5436386
Endereço	Rua Líbero Badaró, 377 - 15º andar - Centro, São Paulo/SP - CEP: 01009-906
Representante Legal	Sandra E. Favorito
CPF	086.122.968-11
CTF/AIA IBAMA	521629
Pessoa de Contato	Luanna Di Guimarães
CPF	098.267.306-02
Fone / fax	+55 (11) 99748-6737
e-mail	luanna.guimaraes@arcadis.com

Tabela 2-3 - Equipe Técnica Responsável pelo Estudo

Responsável Técnico	Função/Formação	Atuação	Registro	CTF IBAMA
Sandra Elisa Favorito	Diretora / Bióloga	Responsável Técnico Geral	CRBio 010513/01-D	21629
Rodrigo Braga Santini	Diretor / Geólogo	Responsável Técnico Geral	CREA MG 52929-D	7281487
Luanna Guimarães	Gerente Ambiental / Eng. Ambiental	Responsável Técnico Geral	CREA MG 184549-D	7746337
Marcelo Ottoboni Gonçalves	Gerente Ambiental / Eng. Civil	Responsável Técnico de Meio Físico e Geoprocessamento	CREA MG 297481	8102923
Luiz Gustavo Sayao de Moraes	Gerente Ambiental / Arquiteto e Urbanista	Responsável Técnico Meio Socioeconômico	CAU-BR 868698	5062547
Ana Paula Ribeiro Otoni da Silva	Supervisora Ambiental / Bióloga	Responsável Técnica de Flora	CRBio 104541/04-D	6553748



Responsável Técnico	Função/Formação	Atuação	Registro	CTF IBAMA
Daniel Teixeira	Analista Ambiental Biólogo	Temática de Flora	044970/04-D	1926297
Alessandro Araújo F. Dornelas	Analista Ambiental Sênior / Biólogo	Responsável Técnico de Fauna	CRBio - 062469/04-D	1565891
Gabriel Estevão Nogueira Aguila	Analista Ambiental Pleno/ Biólogo	Temática de Fauna Aquática	CRBio - 112365/04-D	6905705
Jéssica Graciano	Analista Ambiental Júnior / Bióloga	Temática de Fauna Terrestre	CRBio 126371	7864910
Caroline Florentino	Analista Ambiental Júnior / Bióloga	Temática de Fauna Terrestre	CRBio 128970/04-P	8103664

Tabela 2-4 - Equipe de Apoio

Profissional	Atuação
Sueli Harumi Kakinami	Apoio Geral
Fabiana Bonani	Apoio Geral
Denise Sasaki	Apoio Geral
Cristiane Castañeda	Apoio Geral
Thais Marinho Meireles Leitao	Apoio Meio Físico
Reiziany Silva	Apoio Meio Físico
Ana Paula Minelli	Apoio Meio Físico
Nayara Rosa	Apoio Meio Físico
Lara Agostini Patto	Apoio Meio Físico
Patricia Fernanda Carvalho de Sousa	Apoio Meio Físico
Viviane Freitas	Apoio Meio Socioeconômico
Ana Rita Andrade da Silva	Apoio Meio Socioeconômico
Leonardo Fernandes	Apoio Geoprocessamento
Victor Brandão	Apoio Geoprocessamento
Iago Arruda	Apoio Flora
Bianca Oliveira	Formatação



3 INTRODUÇÃO

A barragem Menezes I foi construída em 1994, no córrego da Olaria, como parte do Complexo Paraopeba e está localizada na Mina Córrego do Feijão. Sua função principal é reter os sedimentos provenientes da PDE Menezes III. Com o objetivo de cumprir com a descaracterização de barragens, a Vale S.A. deu início ao projeto de descaracterização da barragem Menezes I.

É essencial ressaltar que a barragem apresenta Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) positiva. Além disso, vale destacar que, essa barragem não foi construída em etapa única, não tendo passado por nenhum alteamento, o que a exclui da recomendação legal de descaracterização estabelecida pela Resolução nº 32, de 11 de maio de 2020, da Agência Nacional de Mineração (ANM). Portanto, o projeto de descaracterização da barragem Menezes I tem como objetivo a remoção do maciço e do reservatório, além da criação de um canal para auxiliar o fluxo de água do talvegue natural. Durante a implantação do projeto é prevista a construção de um sistema de drenagem provisório para execução dos serviços.

Atualmente, a barragem Menezes I possui uma forma poligonal, com 63,64 metros de comprimento e uma crista a 829 metros de elevação. O reservatório abrange uma área de 4.800 metros quadrados, com um sistema extravasor localizado na ombreira direita do maciço que é composto por um vertedor de superfície com soleira livre, situado a uma elevação de 825,62 metros. O vertedor possui uma geometria composta por dois trapézios contíguos, sendo o inferior revestido com concreto e o superior com terreno natural, sem revestimento (Tabela 3-1). A estrutura geotécnica da barragem está próxima a uma área remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, onde está prevista a supressão vegetal de 0,92 hectares de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em estágio Médio de Regeneração (Figura 3-2).

Tabela 3-1 - Dados Gerais da Barragem Menezes I

DADOS GERAIS - BARRAGEM MENEZES I				
Coordenadas (SIRGAS 2000)	Lat. (m):	7.775.050	Long. (m):	589.970
Finalidade	Contenção de Sedimentos			
Início de Operação	1994			
Curso de Água Barrado	Córrego da Olaria			
Área de Drenagem (km²)	0,986			
Volume de Projeto do Reservatório (m³)	30.443 (Conforme RL-1000JJ-G-31429 - THEMAG, 2022)			
Volume Atual do Reservatório até a Soleira do Vertedouro (m³)	0 (Reservatório Assoreado)			
Elevação Atual da Crista do Barramento (m)	829,06 (Conforme arquivo "MDE15cm_MENI_07-04-2022.tif" - Rural Tech, 2022)			



DADOS GERAIS - BARRAGEM MENEZES I

Elevação Atual da Crista da Ombreira Esquerda (m)	828,25 ⁽¹⁾ (Conforme arquivo "MDE15cm_MENI_07-04-2022.tif" - Rural Tech, 2022)
Comprimento da Crista (m)	50
Altura Máxima do Barramento	15
Tipo de Vertedouro	Vertedouro de superfície do tipo soleira livre
Elevação Atual da Soleira do Vertedouro (m)	825,62 (Conforme arquivo "MDE15cm_MENI_07-04-2022.tif" - Rural Tech, 2022)
Localização	Ombreira direita

Fonte: Heads5, 2022 (RL-1850JJ-G-31061 - Anexo I - Volume I)



Figura 3-1 - Fotografia área da barragem Menezes I.

Fonte: Vale S.A., 2022.



Figura 3-2 - Delimitação da Área Diretamente Afetada do Projeto Básico da Descaracterização da Barragem de Menezes I. Elaborado por Arcadis, 2023.

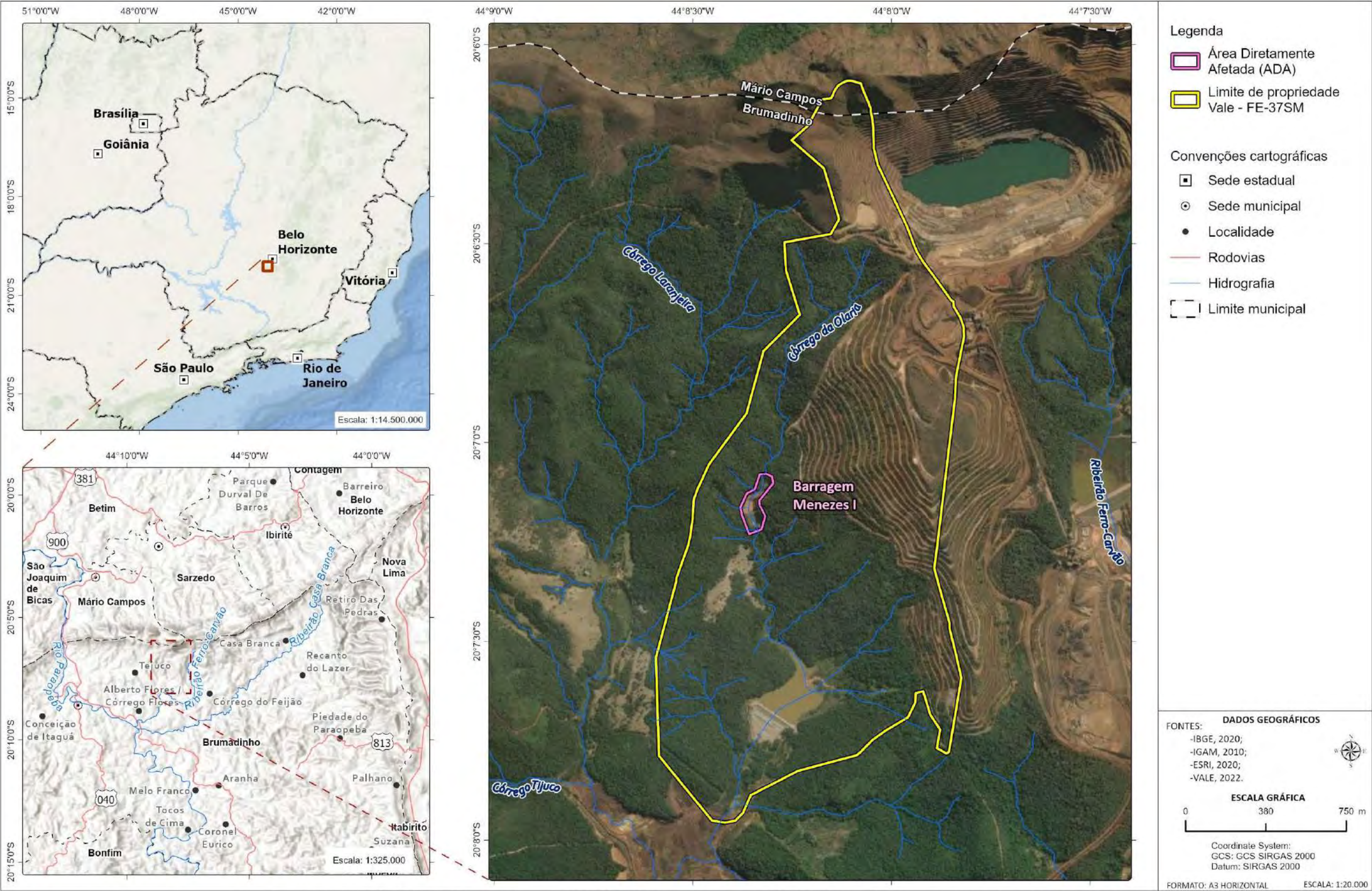


3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO AO EMPREENDIMENTO

A barragem Menezes I está localizada nas coordenadas de referência UTM 589.975E / 7.775.044N - Fuso 23 S (SIRGAS2000), situada no córrego Olaria, na MINA Córrego do Feijão, no município de Brumadinho, Estado de Minas Gerais. As áreas requeridas para o projeto encontram-se totalmente inseridas em propriedades de terceiro sob domínio da Vale por meio de contrato de servidão mineral.

Os acessos à Mina Córrego do Feijão, partindo de Belo Horizonte, podem ser feitos pelas rodovias BR-381 e BR-040. Pela BR-381 (Rodovia Fernão Dias) é preciso seguir pela rodovia no sentido São Paulo e após o trevo para o Triângulo Mineiro, pegar a saída 501 para município de Mário Campos e continuar à direita na estrada que leva ao centro do município de Brumadinho. A partir do centro da cidade é necessário trafegar por estrada vicinal até a portaria da Mina Córrego do Feijão. Já o acesso pela Rodovia BR-040, no sentido Rio de Janeiro, percorre-se cerca de 13km até o Bairro Jardim Canadá no município de Nova Lima. Deste ponto, segue-se por cerca de 3km até a portaria principal do Parque do Rola Moça e mais 25km por estrada vicinal até a portaria da Mina Córrego do Feijão.

A Figura 3-3 apresenta a localização, os principais acessos e a propriedade onde se insere a barragem Menezes I.





4 ESTUDOS DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS

Na discussão a seguir concentrou-se, principalmente, nas alternativas tecnológicas, deixando de lado a análise da alternativa locacional. No entanto, é importante considerar a rigidez locacional da obra de descaracterização da barragem Menezes I, levando em conta diversos fatores que a tornam inviável ou impraticável a mudança de local. A rigidez locacional da obra está fundamentada nas características físicas da estrutura da barragem já implantada. A sua construção inicial levou em consideração fatores geotécnicos, topográficos e hidrológicos específicos do local. Portanto, a descaracterização da barragem envolve atividades complexas, como a remoção dos sedimentos, descomissionamento dos sistemas de drenagem e reabilitação da área, que são diretamente dependentes dessas características físicas e da infraestrutura existente no local.

4.1 Avaliação de Alternativas Tecnológicas

O estudo de alternativas de descaracterização da barragem Menezes I é uma análise abrangente que busca identificar diferentes opções tecnológicas viáveis para a descaracterização da barragem, considerando fatores como remoção do maciço, manejo dos sedimentos e direcionamento do fluxo de água. Além disso, o estudo também leva em consideração aspectos locacionais, como a localização adequada para o direcionamento do fluxo de água e a minimização dos impactos ambientais nas áreas circundantes. Isso envolve a avaliação de condições topográficas, hidrológicas e geotécnicas da região, bem como a análise de possíveis impactos sociais, econômicos e ambientais decorrentes das alternativas propostas.

O estudo de alternativas de descaracterização da barragem Menezes I elaborado pela BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA Engenharia (RL-1850JJ-X-31169; RL-1850JJ-X-31170; Anexo I e II - Volume I) é abrangente e contemplou principalmente aspectos tecnológicos relacionados às técnicas de descaracterização para a melhor adequação da solução proposta à área em questão.

Foram propostas três alternativas, a saber:

- Alternativa 1: Nessa opção, serão realizadas a revegetação tanto na área onde houve remoção total do maciço a montante quanto a jusante. Além disso, será feita a regularização e proteção superficial do talude na área do maciço removido, garantindo sua estabilidade. Também será providenciada a proteção do fundo da calha, visando adaptá-lo às novas condições hidráulicas resultantes da descaracterização da barragem
- Alternativa 2: Nessa opção, serão realizadas a revegetação da área onde houve remoção parcial do maciço a montante, a regularização e proteção superficial do talude na área do maciço removido, além do abatimento do talude a jusante do maciço remanescente para melhorar as condições hidráulicas na região. Será feito o rebaixamento do maciço e aplicado enrocamento no talude de jusante, visando garantir a capacidade de escoamento adequada da estrutura.



- Alternativa 3: Nessa opção, será realizada a revegetação da área onde ocorrerá a remoção parcial do maciço a montante. Além disso, será feita a regularização e proteção superficial do talude na área do maciço removido, garantindo sua estabilidade. Para melhorar as condições hidráulicas tanto a montante quanto a jusante, o fluxo de água será direcionado por meio de canais, visando proteger o maciço remanescente e assegurar um fluxo adequado da água.

As alternativas elaboradas buscaram reduzir o impacto ambiental na área da Barragem Menezes I, evitando supressão vegetal e afetação de áreas de proteção ambiental. Todas as opções consideraram a reintegração total da nova concepção ao ambiente natural, uma vez que se trata de um projeto de descaracterização.

A BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA Engenharia seguiu premissas e adotou boas práticas de Engenharia para desenvolver as alternativas de descaracterização da Barragem de Menezes I. Foram utilizadas bases topográficas autorizadas pela Vale S.A., e uma análise comparativa foi realizada entre os documentos mais recentes e a topografia original. Para uma estimativa precisa e análises seguras, foi criada uma superfície de terreno com base nas informações obtidas por meio de sondagens. A interpretação dos aspectos volumétricos e topográficos das alternativas foi realizada com base nos arquivos disponibilizados.

Nos itens a seguir, serão apresentadas as sínteses conclusivas dos estudos geotécnicos, hidráulicos e quantitativos para cada alternativa. Esses estudos foram realizados com o objetivo de obter uma análise de estabilidade precisa, utilizando métodos apropriados e levando em consideração todas as variáveis que possam afetar a estabilidade da barragem e das áreas a jusante. O foco principal dessas análises é assegurar que a solução proposta para a descaracterização da barragem seja estável e segura.

4.1.1 Análise das alternativas

4.1.1.1 Alternativa 1

A opção de remoção da barragem Menezes I conhecida como "Alternativa 1" envolve a retirada completa do maciço da barragem e do extravasor. A Figura 4-1 apresenta a planta da área onde o maciço será removido, enquanto a Figura 4-2 e Figura 4-3 mostram os resultados do fator de segurança em relação à remoção total do maciço da barragem, tanto para a ombreira direita quanto para a esquerda (extraída de BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA, 2021 - RL-1850JJ-X-31171 - Anexo IV - Volume I). Ambas as figuras indicam que as condições de segurança são adequadas.

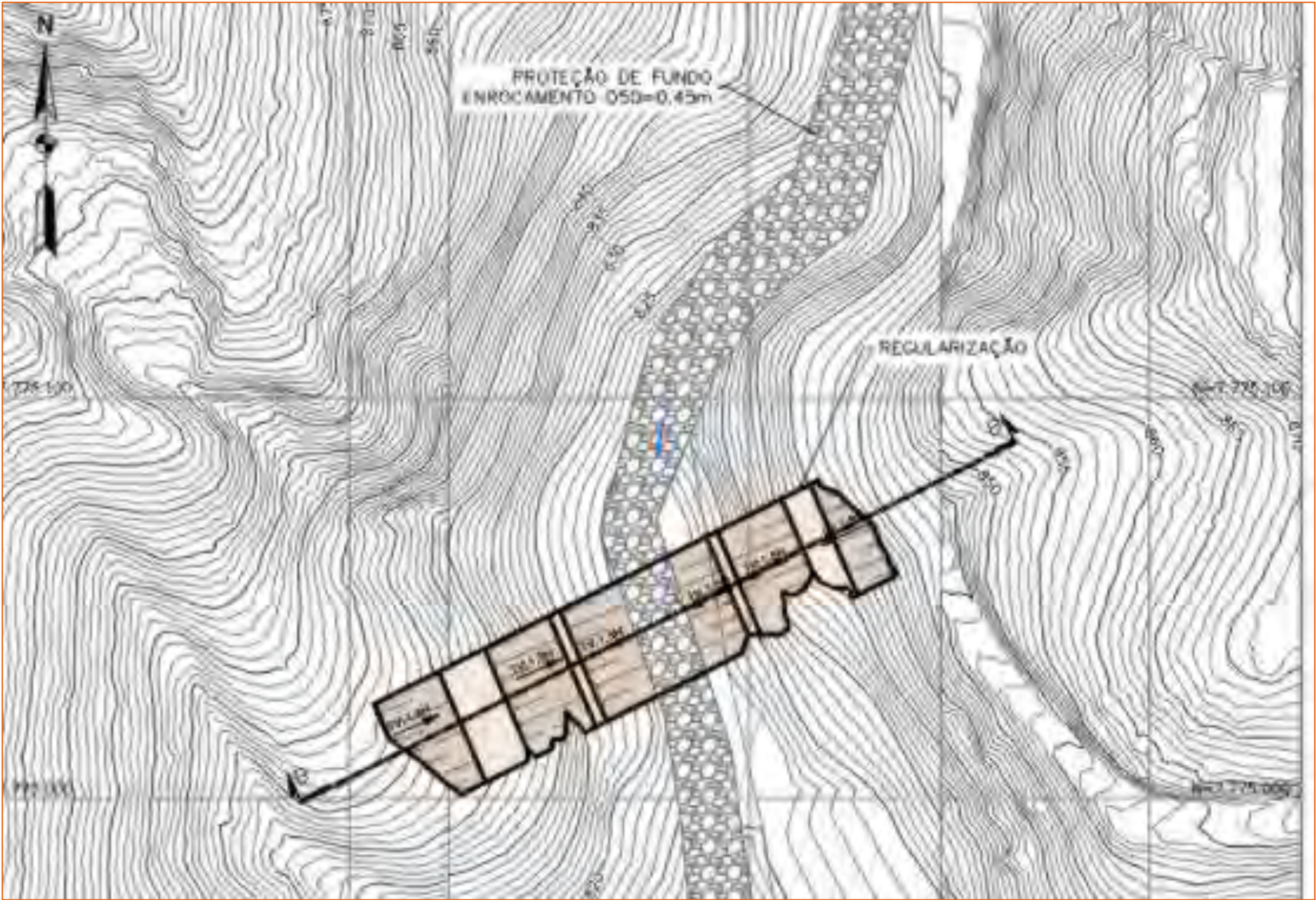


Figura 4-1 - Planta de locação da Seção B-B para análises de estabilidade.

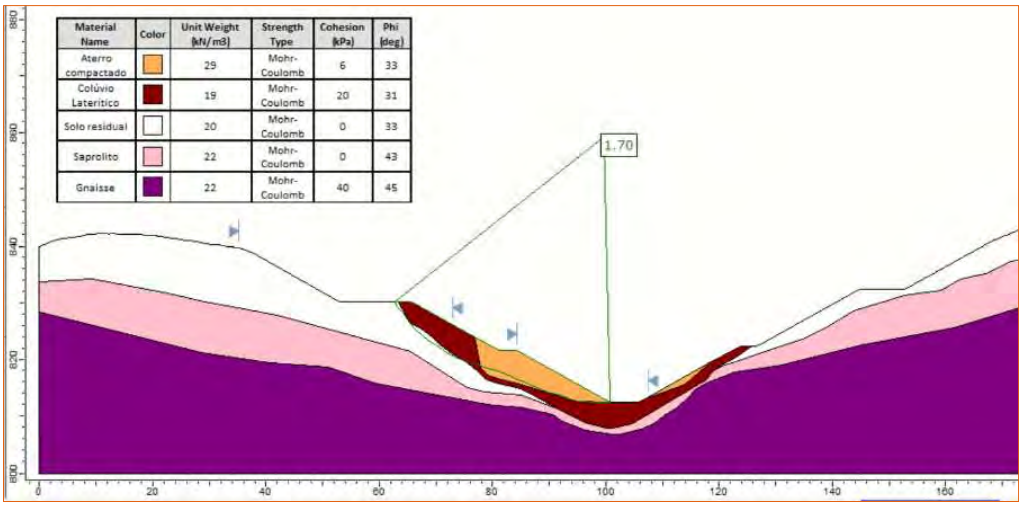


Figura 4-2 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira direita) - Superfície não circular - FS = 1,70.

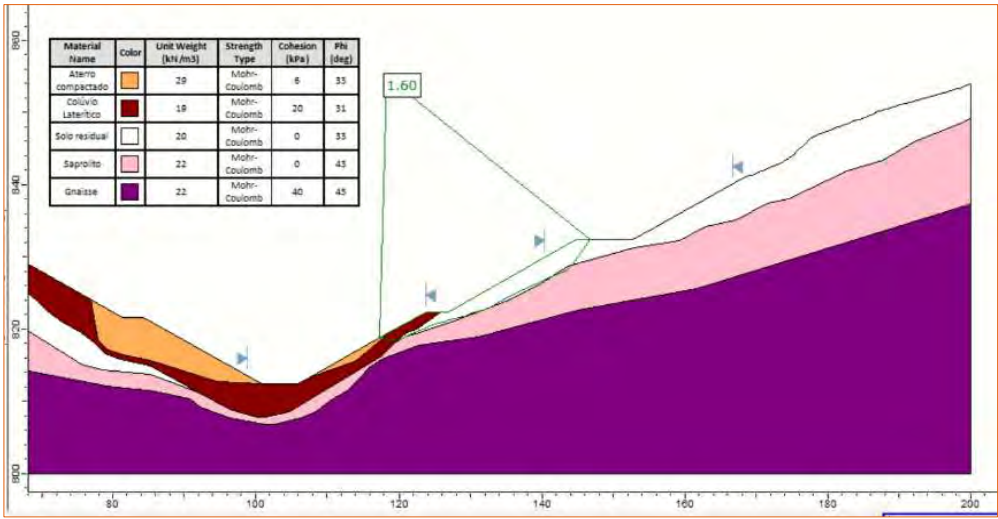


Figura 4-3 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira esquerda) - Superfície não circular - FS = 1,60



O Canal Natural se estende da área mais elevada do reservatório até a jusante da barragem Menezes I, superando uma diferença de nível de 15 metros. Foram realizados cálculos de velocidades no canal natural considerando a remoção total da barragem e os sedimentos do reservatório, revelando a necessidade de proteção do fundo da calha devido às velocidades acima do limite para canal em solo.

As estruturas e serviços necessários a implantação do arranjo da Alternativa 1 foram quantificadas a partir dos estudos e arranjos finais apresentados no desenho 1850JJ-X-31267 (Anexo V - Volume I). Os principais quantitativos levantados encontram-se apresentados na **Tabela 4-1**.

Tabela 4-1 - Tabela de Quantidades - Alternativa 1

Estrutura	Quantidade
Volume remoção Maciço (m ³)	17.914
Volume remoção Reservatório (m ³)	14.730
Volume remoção de concreto (m ³)	5
Volume dos blocos de proteção fundo da calha (m ³)	2.900
Volume de Escavação regularização das ombreiras (m ³)	16.983
Supressão Vegetal (m ²)	3.632
Revegetação da área de remoção total (m ²)	3.766

Fonte: BPV, 2021 (RL-1850JJ-X-31171 - Anexo IV - Volume I)

4.1.1.2 Alternativa 2

A Alternativa 2 contempla: (i) remoção parcial do maciço até a barragem atingir 10 metros de altura; (ii) retirada total do extravasor; (iii) implantação de um talude a jusante de blocos (enrocamento com inclinação de 1V:5H) de forma a tornar a estrutura “galgável”. A Figura 4-4 apresenta a planta da área onde será removido parcialmente o maciço da barragem Menezes I com locação da seção A-A e da seção B-B analisadas. Foram avaliados diferentes cenários de análise, considerando a estrutura descaracterizada (Seção A - A) e as ombreiras (Seção B - B) conforme sequência das Figura 4-4 a Figura 4-9 (extraídas de BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA, 2021 - RL-1850JJ-X-31171 - Anexo IV - Volume I).



Na Seção A - A, os fatores de segurança obtidos para os cenários de análise normal, não drenada e pseudo-estática (drenado) foram 3,64, 1,99 e 2,95, respectivamente. Esses resultados indicam que a estrutura da barragem apresenta uma boa estabilidade estrutural, considerando as condições normais de operação. No entanto, em condições de não drenagem, o fator de segurança é mais baixo, o que indica uma possível instabilidade da estrutura nessa situação. Na Seção B - B, foram avaliados os fatores de segurança para as ombreiras direita e esquerda. Para o talude da ombreira direita, o fator de segurança obtido no cenário de análise normal foi de 1,84, enquanto para o talude da ombreira esquerda, o fator de segurança foi de 1,53. Esses resultados indicam que as ombreiras da barragem apresentam uma menor estabilidade em relação à estrutura principal, podendo ser uma preocupação em termos de segurança da barragem.

Em geral, os resultados da análise de estabilidade indicam que a estrutura da barragem Menezes I apresenta uma boa estabilidade, mas é necessário avaliar cuidadosamente as condições de não drenagem e as ombreiras para garantir a segurança da estrutura.

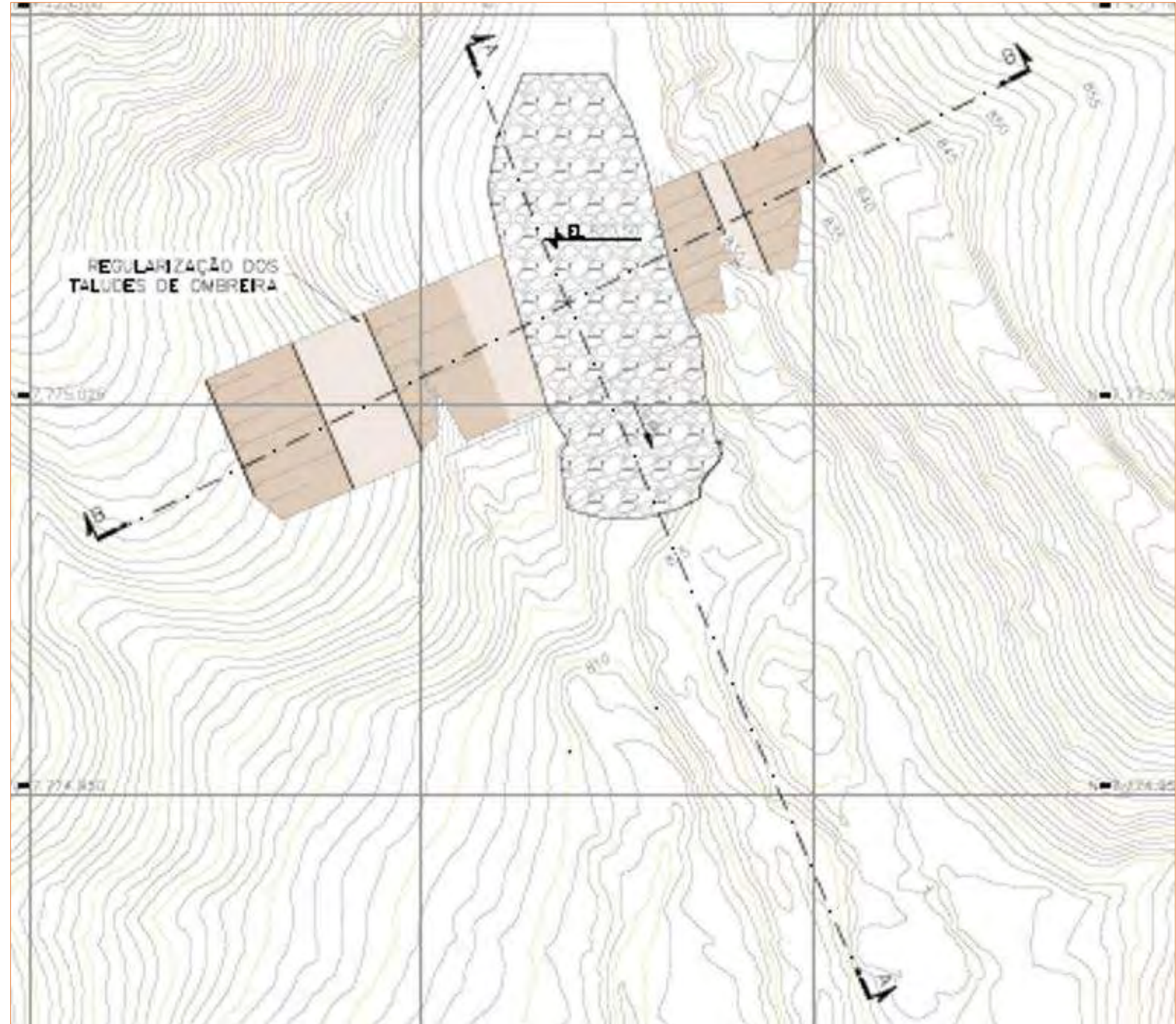


Figura 4-4 - Planta de localização da Seção A-A e B-B para análises de estabilidade.

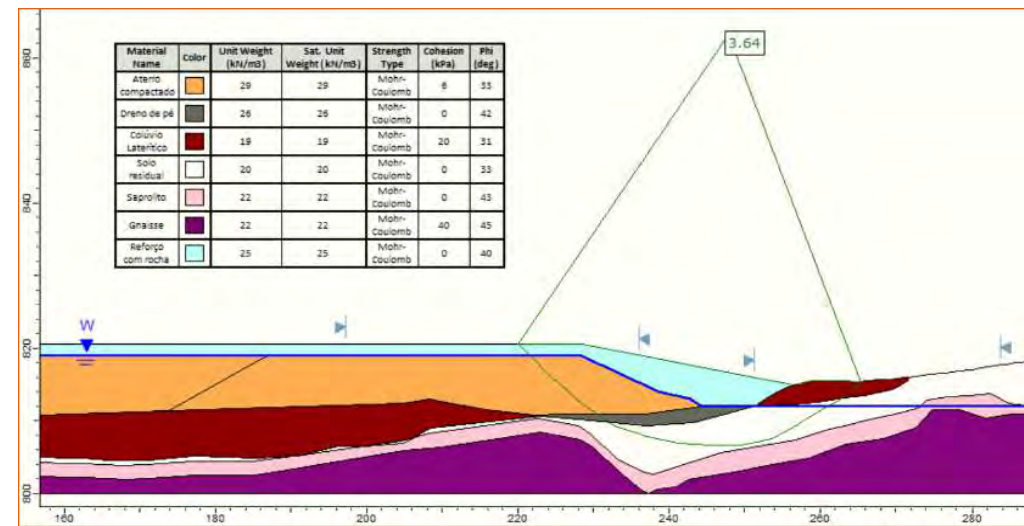


Figura 4-5 - Seção A-A - Condição Normal - Superfície não circular - FS = 3,64.

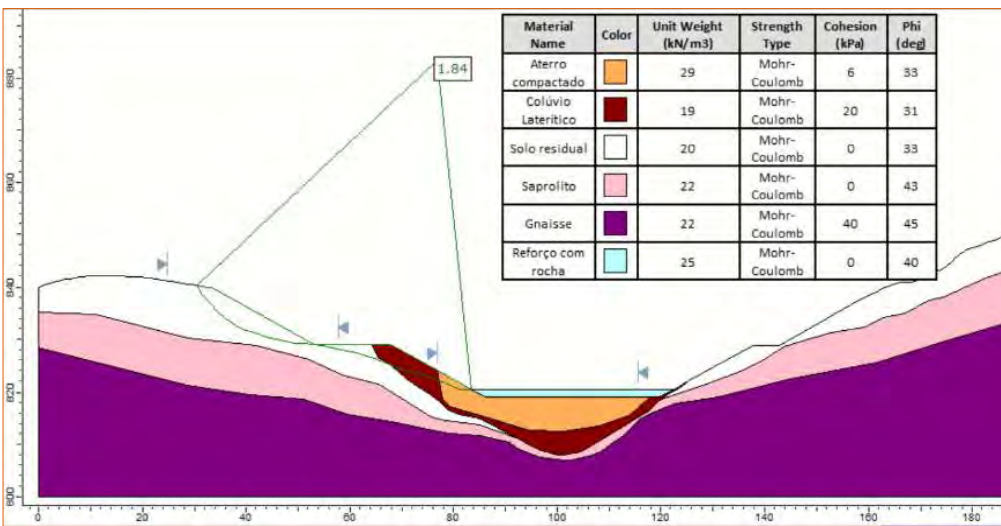


Figura 4-6 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira direita) - Superfície não circular - FS = 1,84.

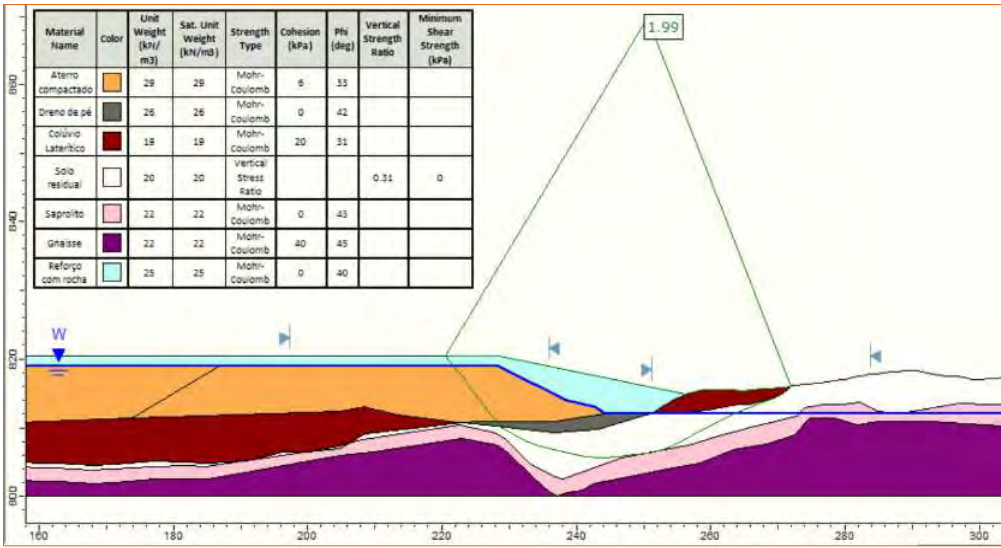


Figura 4-7 - Seção A-A - Condição Não Drenada - Superfície não circular - FS = 1,99.

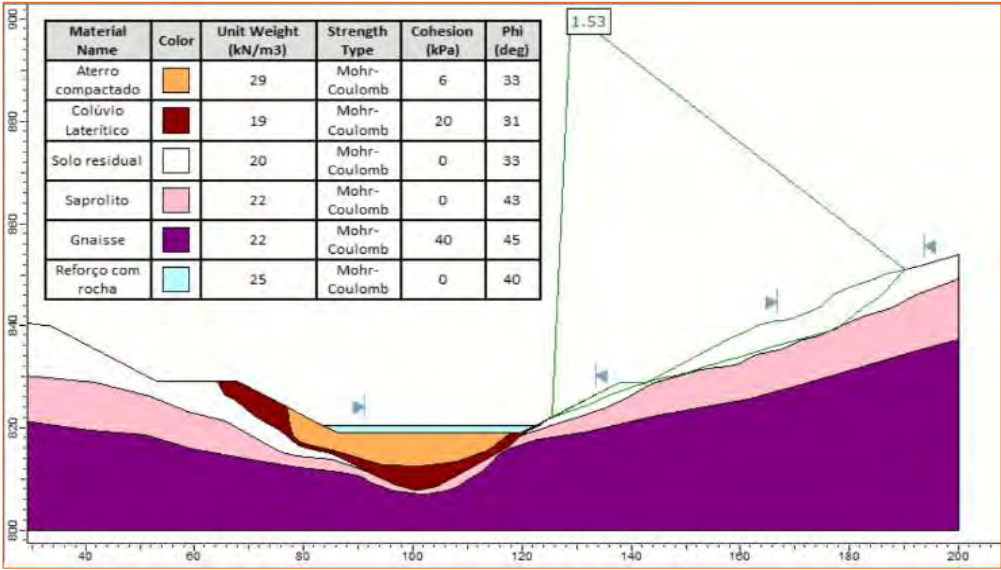


Figura 4-8 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira esquerda) - Superfície não circular - FS = 1,53.

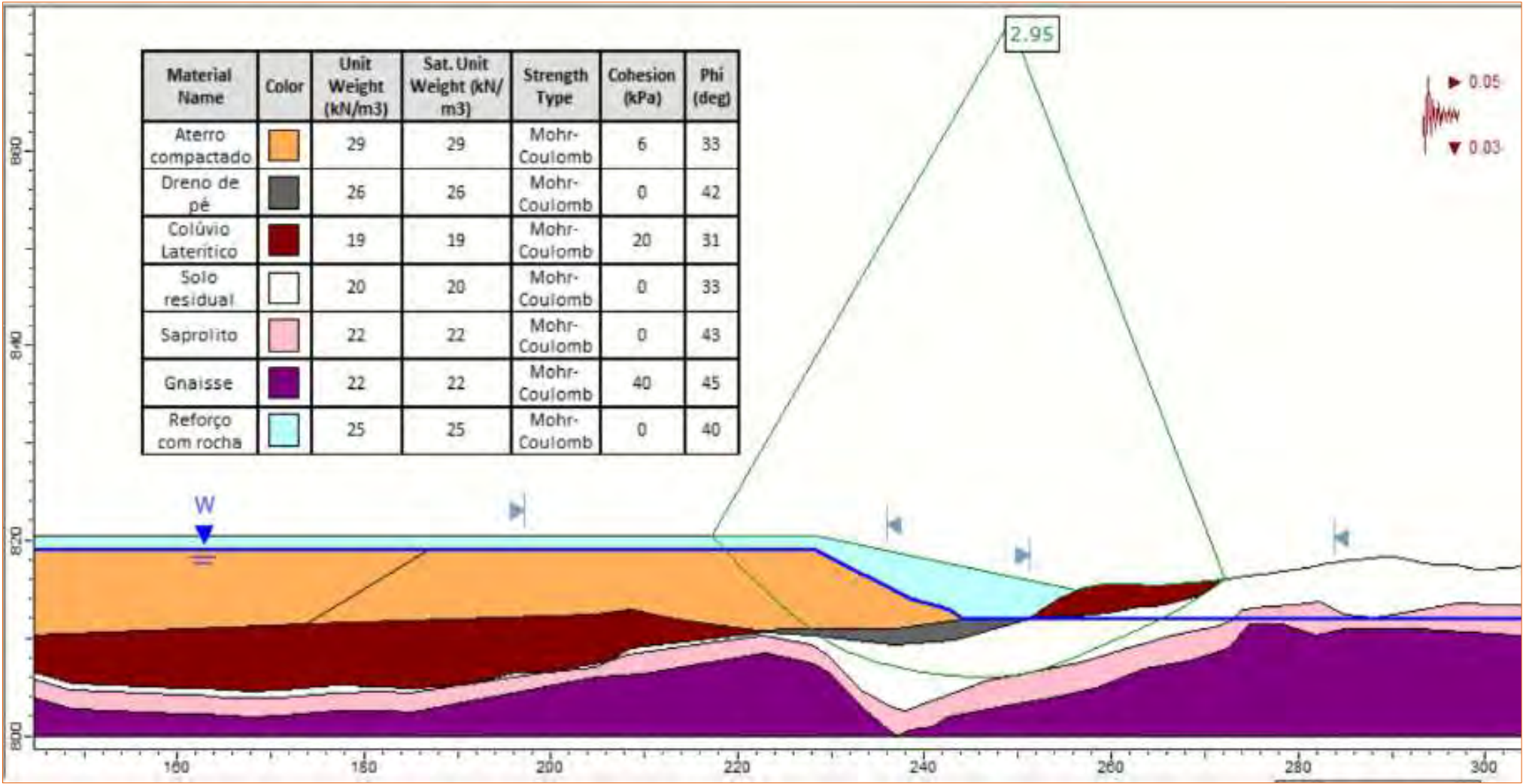


Figura 4-9 - Seção A-A - Condição Pseudo-Estática (Solo residual drenado) - Superfície não circular - FS = 2,95.



Com a remoção parcial do maciço e dos sedimentos do reservatório, foram verificadas as condições hidráulicas para a nova configuração do canal, formado sobre os sedimentos, e do talude de jusante do maciço. Foi possível configurar o canal a montante com declividade suave, aproximadamente 0,001m/m. Como as velocidades deram elevadas para solo, foi calculado proteção do talude e da crista do maciço com blocos. Os quantitativos da Alternativa 2 foram determinados a partir dos estudos e arranjos finais apresentados no desenho 1850JJ-X-31311_Alt. 2 (Anexo VI - Volume I). Os principais quantitativos levantados encontram-se apresentados Tabela 4-2.

Tabela 4-2 - Tabela de Quantidades - Alternativa 2

Estrutura	Quantidade
Volume remoção Maciço (m ³)	11.222
Volume remoção Reservatório (m ³)	9.228
Volume remoção de concreto (m ³)	5
Volume do Maciço remanescente (m ³)	20.450
Volume dos blocos de enrocamento talude de jusante (m ³)	2.900
Volume de Escavação regularização das ombreiras (m ³)	14.452
Supressão Vegetal (m ²)	4.871
Revegetação da área de remoção total (m ²)	4.209

Fonte: BPV, 2021 (RL-1850JJ-X-31171 - Anexo IV - Volume I).

4.1.1.3 Alternativa 3

A Alternativa 3 contempla: (i) Remoção Parcial do maciço da barragem, idem a alternativa 2; (ii) remoção do extravasor de concreto e substituição por um canal de drenagem. A Figura 4-10 apresenta planta da área onde será removido parcialmente o maciço da Barragem Menezes I com locação da seção A-A e da seção B-B a ser analisada, definidas por serem as mais críticas em termos de estratigrafia, geometria dos taludes e altura total.

Os desenhos apresentados na Figura 4-11 a Figura 4-15 mostram os resultados do fator de segurança em relação à remoção parcial do maciço da barragem (extraídas de BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA, 2021 - RL-1850JJ-X-31171 - Anexo IV - Volume I). As figuras apresentadas juntamente com os resultados das análises de estabilidade mostram as saídas do programa de cálculo utilizado para a realização das análises. Essas figuras apresentam informações como as forças que atuam sobre a estrutura, as tensões e deformações nos materiais utilizados, bem como os deslocamentos que a estrutura pode sofrer sob diferentes condições de análise. A partir dessas informações, é possível avaliar a estabilidade da estrutura e realizar ajustes ou correções necessárias para garantir a sua segurança.

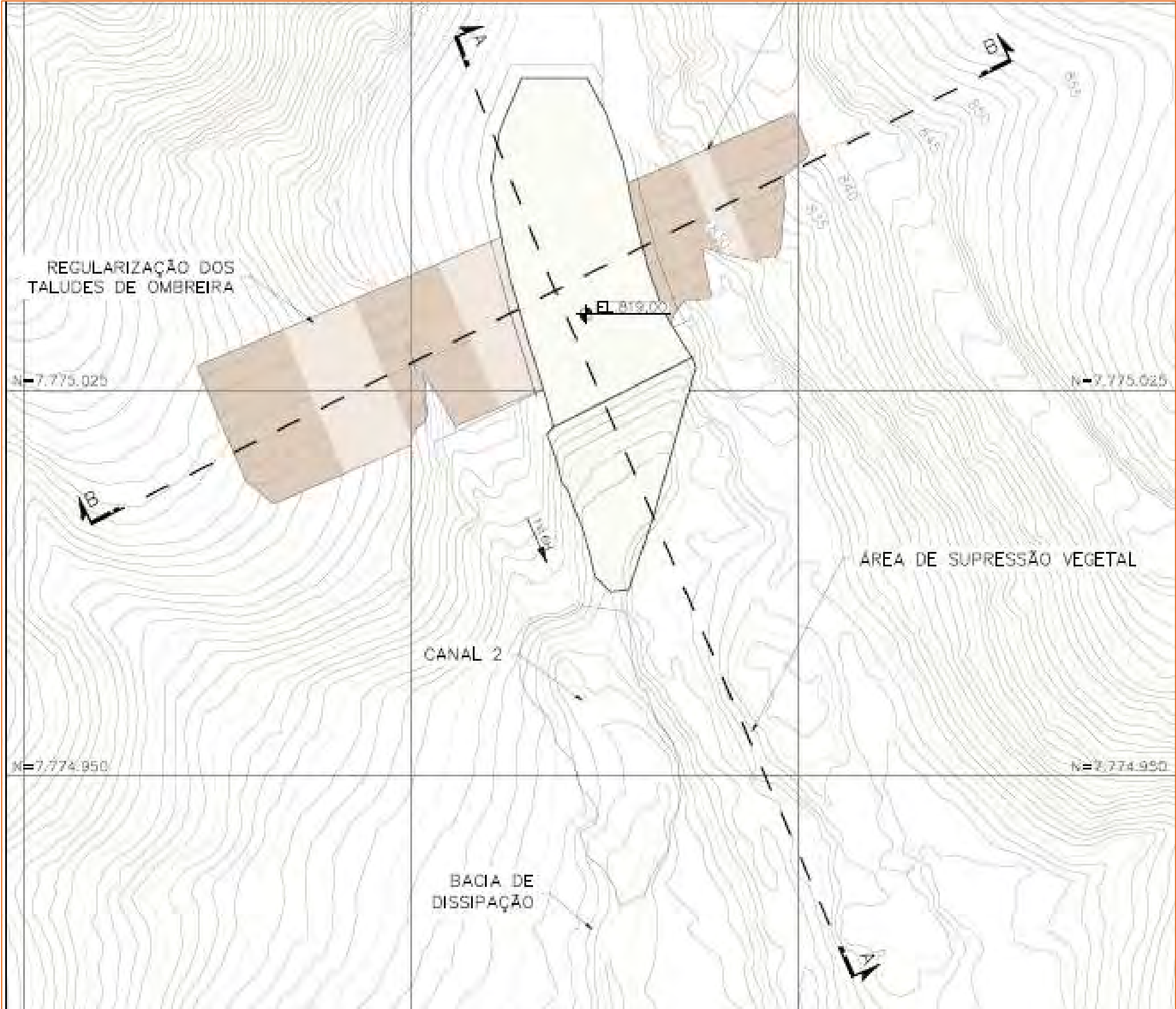


Figura 4-10 - Planta de locação da Seção A-A e B-B para análises de estabilidade

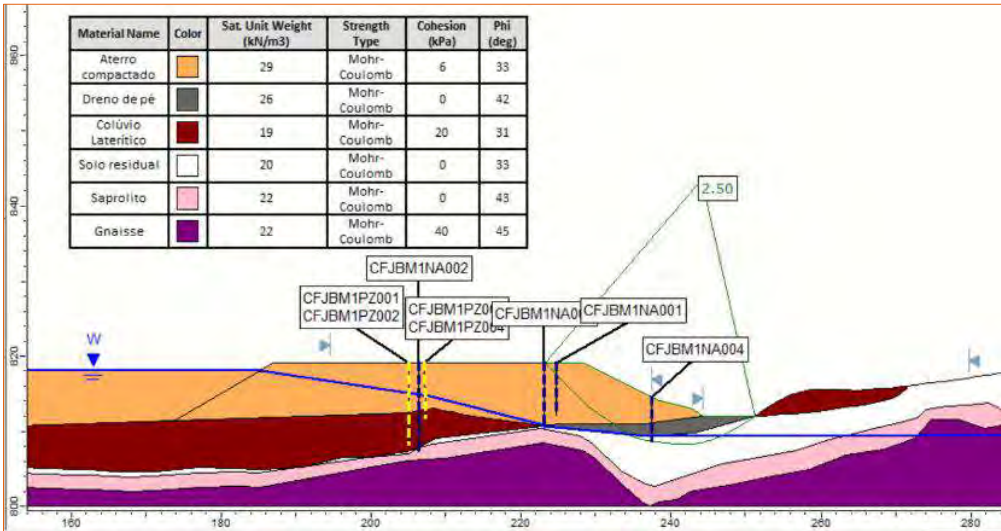


Figura 4-11 - Seção A-A - Condição Normal - Superfície não circular - FS = 2,50.

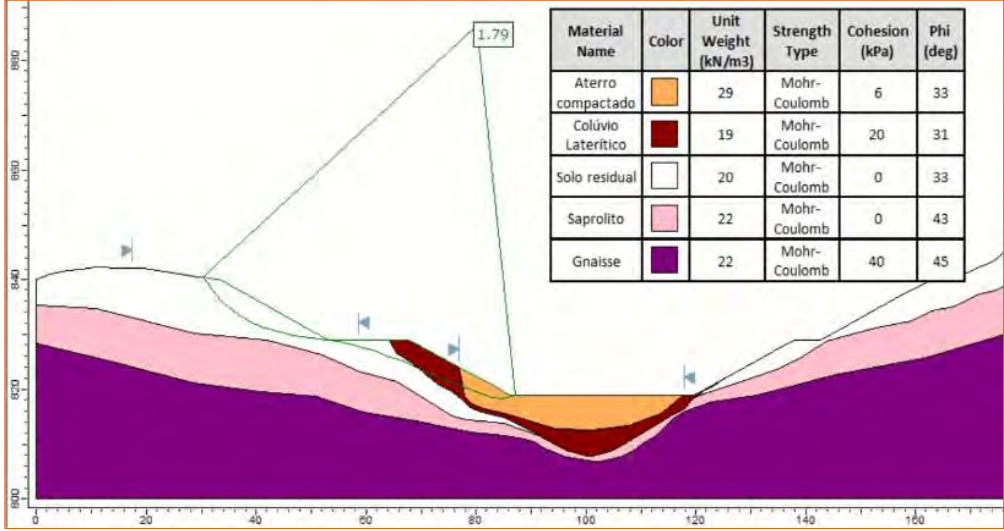


Figura 4-12 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira direita)- Superfície não circular - FS = 1,79.

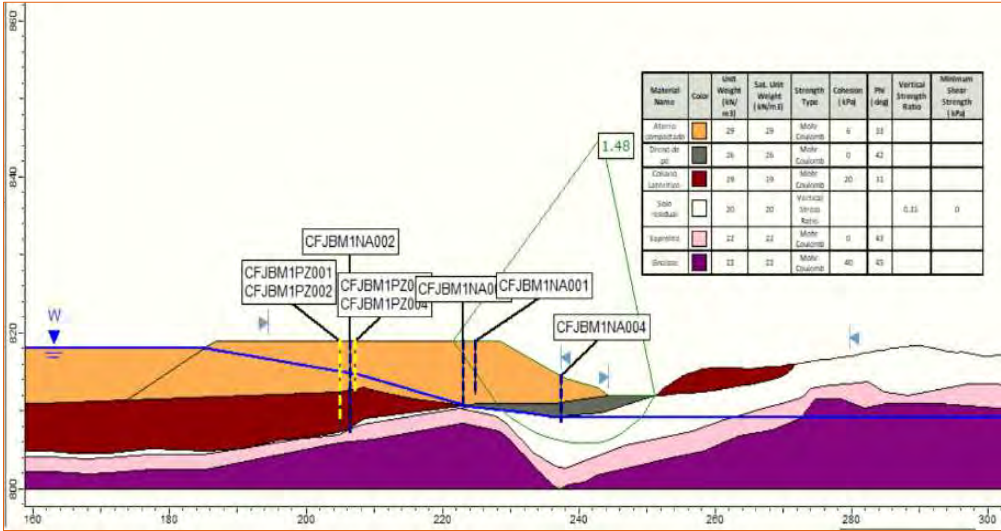


Figura 4-13 - Seção A-A - Condição Não Drenada - Superfície não circular - FS = 1,48.

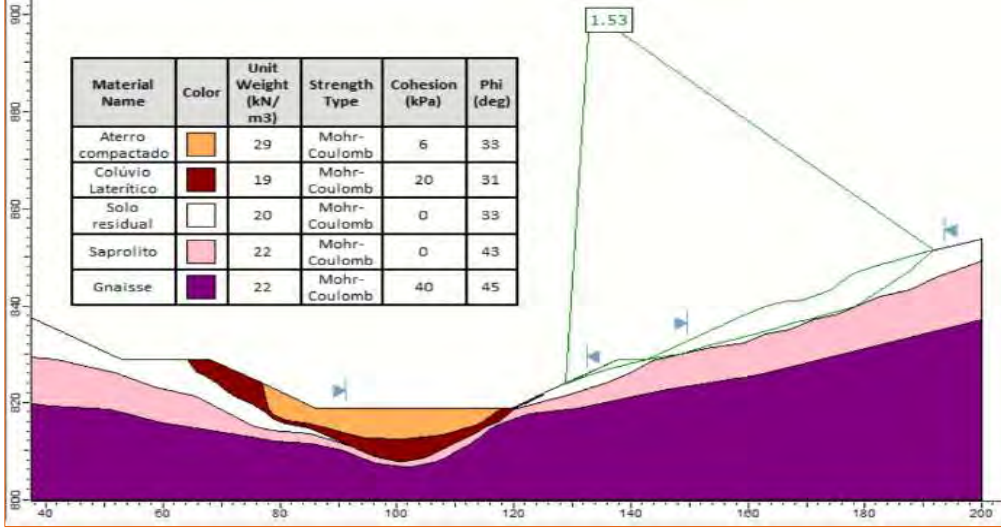


Figura 4-14 - Seção B-B - Condição Normal (Talude da ombreira esquerda) - Superfície não circular - FS = 1,53.

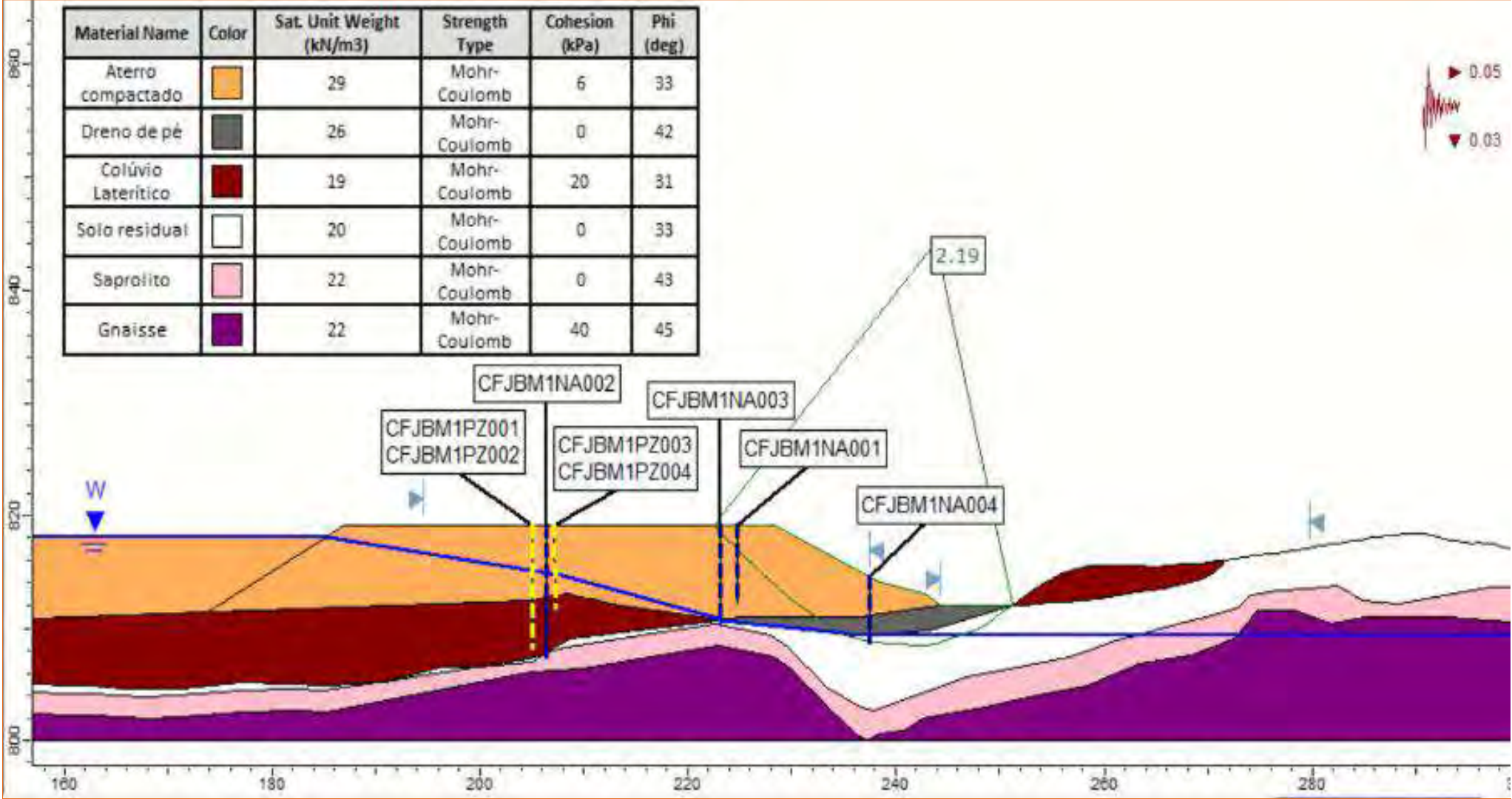


Figura 4-15 - Seção A-A - Condição Pseudo-Estática (Solo residual drenado) - Superfície não circular - FS = 2,19.



Para a seção A-A, os fatores de segurança foram de 2,50 para a condição normal, 1,48 para a condição não drenada e 2,19 para a condição pseudo-estática drenada. Já para a seção B-B, foram obtidos fatores de segurança de 1,79 para o talude da ombreira direita e 1,53 para o talude da ombreira esquerda, ambos considerando a condição normal. Os fatores de segurança são métodos utilizados para avaliar a estabilidade de uma estrutura e são obtidos a partir da relação entre as forças que atuam na estrutura e a capacidade da mesma em resistir a essas forças. Um fator de segurança acima de 1 indica que a estrutura é considerada estável e capaz de resistir às forças que atuam sobre ela, enquanto valores abaixo de 1 indicam que a estrutura está sujeita a falhas e pode entrar em colapso.

A partir dos estudos hidráulicos, foram dimensionados para a Alternativa 3 dois canais, um a montante, em solo, desenvolvido na parte central da calha evitando impactos nos taludes das ombreiras, que direcionará o fluxo do talvegue existente, desde o ponto mais a montante do reservatório atual até o maciço remanescente, e outro com seção em enrocamento para conduzir a vazão para jusante. A transição entre as seções dos canais será com contração lateral gradual, 4:1, o que elevará o N.A em 0,1 m no início do segundo canal.

Para condução do fluxo para jusante, foi dimensionado um canal de drenagem em enrocamento, na ombreira direita, 1V:6H e com cota de fundo na El. 817,00 m. Para o dimensionamento da Bacia de Dissipação, inicialmente verificou-se o diâmetro do bloco pela equação de Izbach (Richardson et al., 1990), o que resultou em um D50 igual a 0,50 m.

As estruturas e serviços necessários a implantação do arranjo da Alternativa 3 foram quantificadas a partir dos estudos e arranjos finais apresentados no desenho 1850JJ-X-31312 (Anexo VII - Volume I). Os principais quantitativos levantados encontram-se apresentados na Tabela 4-3.

Tabela 4-3 - Tabela de Quantidades - Alternativa 3

Estrutura	Quantidade
Volume remoção Maciço (m ³)	11.222
Volume remoção Reservatório (m ³)	9.228
Volume remoção de concreto (m ³)	5
Volume do Maciço remanescente (m ³)	20.450
Volume de Escavação - canal a montante (m ³)	2.714
Volume de Escavação - canal para jusante (m ³)	2.125
Volume de Escavação regularização das ombreiras (m ³)	14.452
Supressão Vegetal (m ²)	6.399
Revegetação da área de remoção total (m ²)	4.579

Fonte: BPV, 2021 (RL-1850JJ-X-31171 - Anexo IV - Volume I).



4.1.2 Análise de Risco

A partir da matriz de avaliação de risco, pode ser estabelecida uma classificação de riscos de acordo com uma escala, variando de 1 a 5, sendo 1 associado ao risco muito baixo e 5 ao risco extremo conforme Tabela 4-4.



Tabela 4-4 - Matriz de avaliação de risco das Alternativas

Alternativa	Item	Estrutura	Modos de Falha	Efeito/Consequência	Risco	
1	Segurança Geológica-geotécnica	Taludes da ombreira direita e esquerda	Instabilidade do talude e Falta de proteção superficial	Ruptura dos taludes e/ou processos erosivos	3	
		Maciço	Não se aplica	Não se aplica	1	
		Dreno de fundo	Não se aplica	Não se aplica	1	
	Segurança Hidrológica	Canal natural	Vazões para eventos de cheia extremo	Sobrelevação do N.A e extravazamento da calha	2	
				Sobrelevação do N.A e ruptura do maciço	1	
	Geometria das estruturas	Canal natural	Diferença de declividade do fundo da calha	Velocidade alta do fluxo e danos a proteção do fundo do canal	2	
		Maciço	Inconsistência na topografia	Super ou subestimar volumes	4	
	Aspectos ambientais	Área de supressão	Necessidade de grandes áreas de supressão para descaracterização	Licenciamento ambiental	2	
			Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	1	
		Reservatório + maciço	Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	3	
				Impacto meio biótico e uso do solo	3	
	Total					23
2	Segurança Geológica-geotécnica	Taludes da ombreira direita e esquerda	Instabilidade do talude e Falta de proteção superficial	Ruptura dos taludes e/ou processos erosivos	1	
		Maciço	Talude de Jusante	Surgências no pé da estrutura com o contato do terreno natural (falta de tratamento na fundação)	2	
				Deslocamento de Blocos		
		Dreno de fundo	Não se aplica	Não se aplica	1	
	Segurança Hidrológica	Maciço	Vazões para eventos de cheia extremo	Sobrelevação do N.A e movimentação da camada de blocos	3	
				Sobrelevação do N.A e danos ao maciço	2	
	Geometria das estruturas	Maciço	Talude 5H:1V	Avanço da estrutura a jusante	2	
			Inconsistência na topografia	Super ou subestimar volumes	4	
	Aspectos ambientais	Área de supressão	Necessidade de áreas de supressão a jusante para descaracterização	Licenciamento ambiental	2	
			Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	1	
		Reservatório + maciço	Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	3	
				Impacto meio biótico e uso do solo	3	
	Total					24
	3	Segurança Geológica-geotécnica	Dreno de fundo	Ocorrência de colmatação	Problemas de funcionamento da estrutura	2
			Maciço	Instabilidade no talude	Ruptura da estrutura	2
				Falta de proteção superficial	Processos erosivos	
Taludes da ombreira direita e esquerda			Instabilidade do talude e Falta de proteção superficial	Ruptura dos taludes e/ou processos erosivos	1	
Segurança Hidrológica		Canal de drenagem	Vazões para eventos de cheia extremo	Sobrelevação do N.A e movimentação da camada de blocos do canal	3	
				Sobrelevação do N.A, transbordamento da estrutura e ruptura do maciço	5	
Geometria das estruturas		Canal de drenagem	Velocidade e declividade altas	Maior dimensão dos blocos de proteção do canal	3	
		Maciço	Inconsistência na topografia	Super ou subestimar volumes	4	
Aspectos ambientais		Área de supressão	Necessidade de áreas de supressão a jusante para descaracterização	Licenciamento ambiental	2	
			Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	1	
		Reservatório + maciço	Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	2	
				Impacto meio biótico e uso do solo	2	
Total					27	

Fonte: BPV, 2021 (RL-1850JJ-X-31171 - Anexo IV - Volume I).



4.1.3 Conclusão

Na Tabela 4-5 identificam-se os parâmetros analisados para cada uma das alternativas locais estudadas apontando vantagens e desvantagens, enquanto a Fonte: BPV, 2021 (RL-1850JJ-X-31171 - Anexo IV - Volume I).

Tabela 4-6 reapresenta os quantitativos comparativos entre elas.

Tabela 4-5 - Vantagens e desvantagens entre as alternativas avaliadas.

Alternativa	Vantagens	Desvantagens
1	Reintegração total ao ambiente natural	Local para deposição do volume retirado.
	Remoção total dos sedimentos e rejeito	Custo da instalação de dispositivos para redução da velocidade do fluxo no canal natural.
	Baixo risco hidrológico comparado as alternativas 2 e 3	Área de Supressão
	Dispositivos para redução da velocidade do fluxo no canal natural ambientalmente sustentável	-
	Baixo risco Geológico-geotécnico comparado as alternativas 2 e 3	-
2	Menor volume de remoção de sedimentos e rejeito em relação a alternativa 1	Local para deposição do volume retirado.
	Baixo risco hidrológico com a soleira galgável comparado a alternativa 3	Execução do maciço/talude jusante com blocos para proteção do talude e possibilitando a soleira galgável
	Baixo risco Geológico-geotécnico comparado a alternativa 3	Área de Supressão
3	Menor volume de remoção de sedimentos e rejeito	Local para deposição do volume retirado
	Menor área para deposição do volume retirado em relação a alternativa 1	Construção de um novo canal de drenagem
	-	Risco hidrológico inerente ao novo canal de drenagem
	-	Área de Supressão

Fonte: BPV, 2021 (RL-1850JJ-X-31171 - Anexo IV - Volume I).



Tabela 4-6 - Resumo técnico e comparação entre as alternativas avaliadas.

Estrutura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
	Quantidade	Quantidade	Quantidade
Volume remoção Maciço (m ³)	17.914	11.222	11.222
Volume remoção Reservatório (m ³)	14.730	9.228	9.228
Volume remoção de concreto (m ³)	5	5	5
Volume dos blocos de proteção fundo da calha (m ³)	2.900	na	na
Volume do Maciço remanescente (m ³)	na	20.450	20.450
Volume dos blocos de enrocamento talude de jusante (m ³)	na	2.900	na
Volume de Escavação - canal a montante (m ³)	na	na	2.714
Volume de Escavação - canal para jusante (m ³)	na	na	2.125
Volume de Escavação regularização das ombreiras (m ³)	16.983	14.452	14.452
Supressão Vegetal (m ²)	3.632	4.871	6.399
Revegetação da área de remoção total (m ²)	3.766	4.209	4.579

A análise entre as alternativas estudadas mostra que a **Alternativa 1** demandaria a menor supressão entre as alternativas, assim como a menor área a ser revegetada. Além disso, considerando os critérios avaliados na matriz de análise de risco, observa-se que a Alternativa 1 apresenta o menor risco em relação a classificação utilizada.

Em todos os casos haverá remoção de maciço e reservatório, porém, para a Alternativa 1 os volumes serão maiores visto que está prevista a remoção total dos sedimentos e rejeitos. Diante do exposto, a Alternativa I foi considerada a mais vantajosa ambientalmente e por haver a possibilidade de reintegração total ao ambiente natural.

4.2 Alternativa Zero

Com o objetivo de cumprir com a descaracterização de barragens, no ano de 2021, foi elaborada uma Especificação Técnica de Investigações Complementares para o desenvolvimento do projeto de descaracterização da Barragem Menezes I. Essas investigações incluíram sondagens, poços de inspeção, coleta de amostras e uma campanha geofísica sísmica de refração. Esses levantamentos tinham como objetivo complementar as informações existentes sobre as características geotécnicas da barragem e entorno. Essas atividades são cruciais para a elaboração do projeto mais detalhado de descaracterização.



No período entre março 2022 a abril de 2023 foram realizadas investigações adicionais para subsidiar o projeto básico, que está em andamento. Diante disso, entende-se que a descaracterização da barragem Menezes I deverá prover modificações e adequações na estrutura visando eliminar as características ou função de barramento, tornando-a ainda geotécnica e hidráulicamente adequada para o longo prazo. Por outro lado, em consequência da descaracterização, são previstos impactos hidrológicos, hidráulicos e sedimentológicos a jusante da estrutura.

No entanto, a implementação do projeto não apenas visa a promoção da recuperação sustentável da região, mas também se empenha em preservar o meio ambiente para as gerações futuras. Além disso, é importante ressaltar que o projeto incorpora sistemas de controle ambiental tanto durante o processo de descaracterização quanto em sua fase pós-descaracterização. Neste contexto, também é importante mencionar a rigidez locacional, eliminando quaisquer indicações de que a realização da obra possa ser comprometida. A rigidez locacional, no contexto de uma obra de descaracterização de barragem, refere-se à consideração das características específicas do local onde a barragem está localizada e como essas características podem influenciar o planejamento, o processo de descaracterização e os resultados finais da obra.



5 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Este capítulo visa descrever o empreendimento composto pelo Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I de forma a garantir o entendimento de suas atividades, processos e tarefas das Fases de Planejamento, Implantação e Pós descaracterização. Portanto, o item se baseia nos estudos de planejamento que subsidiaram os projetos de engenharia, as intervenções e atividades a serem realizadas para as obras e a situação do cenário após a descaracterização. Para atingir esse objetivo, será necessário esgotar o reservatório, o que implicará na supressão da vegetação, adequação de acessos existentes, remoção de sedimentos e outros aspectos construtivos descritos na sequência.

5.1 Fase de Planejamento

As principais etapas desta fase consistem em estudos técnicos para a elaboração das alternativas tecnológicas, locais e estudos ambientais visando à obtenção do licenciamento ambiental em decorrência da necessidade de supressão da vegetação em estágio médio de regeneração.

No ano de 2021 foi desenvolvido, em nível conceitual, pela BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA Engenharia uma caracterização dos aspectos volumétricos e topográficos da área do maciço incluindo a interpretação das seções geológicas-geotécnicas da fundação e entorno da barragem. Essa caracterização foi realizada por meio da análise e consolidação de dados existentes, tais como: Mapa Geológico Geotécnico do *Projeto As Is* (Tetra Tech, 2020) (ref. 1850JJ-X-31212 - Anexo VIII - Volume I), Logs de Sondagens da Geocontrole (2020) e Base Topográfica do *Projeto As Is* (Tetra Tech, 2020) (ref. 1850JJ-X-31210 - Anexo VIII - Volume I). A BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA avaliou criticamente os dados para interpretar as seções geológico-geotécnicas necessárias para os estudos de estabilidade da estrutura em questão considerando as últimas edições das normas técnica e legislações de referências.

A seguir são apresentados os estudos predecessores de investigações geológica-geotécnicas e estudos hidrológicos que subsidiaram tanto os Estudos de Alternativas como o Projeto Conceitual. Os Estudos de Alternativas para descaracterização da Barragem Menezes I foi elaborado no ano de 2021 pela empresa BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA Engenharia (RL-1850JJ-X-31171 - Anexo IV - Volume I) e encontra-se detalhado no capítulo 4 deste documento. A mesma empresa foi contratada pela Vale S.A. para o desenvolvimento do **“Projeto Conceitual para Descaracterização da Barragem Menezes I”** (RL-1850JJ-X-31241 - Anexo IX - Volume I) e RL-1850JJ-X-31201_R0 - Anexo X - Volume I), cujas informações subsidiaram a elaboração das atividades descritas para as fases de implantação e pós-descaracterização.

Destaca-se que o Projeto Básico de Descaracterização da Barragem Menezes I encontra-se em desenvolvimento, após conclusão da campanha de investigações complementares, concluída em abril de 2023, pela empresa projetista Head5 Engenharia. O projeto básico seguirá as legislações vigentes considerando as atualizações ocorridas desde 2021.



5.1.1 Avaliações geológica-geotécnicas

5.1.1.1 Metodologia

Para a caracterização geológica e geotécnica da fundação e do entorno da Barragem Menezes I (ref. RL-1850JJ-X-31201 - Anexo X - Volume I) foram utilizados dados referentes aos relatórios da estrutura e todos dados de investigações disponíveis para auxiliar na interpretação dos cenários geológico-geotécnicos da área, além do mapeamento geológico feito pela BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA. São apresentados cenários de estabilidade para a condição final da região após a descaracterização da estrutura. Para a condição final de estabilidade dos taludes remanescentes das ombreiras direita e esquerda da Barragem Menezes I foi considerado o fator de segurança igual a 1,5. A remoção do maciço da barragem será realizada concomitantemente com retirada dos sedimentos do reservatório.

Os estudos de estabilidade dos taludes foram realizados usando o software Slide 2 (2020), que utiliza a teoria do equilíbrio limite para calcular o fator de segurança. O software emprega formulações matemáticas que permitem a análise de problemas simples e/ou complexos relacionados à estabilidade, utilizando vários métodos teóricos para calcular o fator de segurança. Além disso, ele permite a consideração de propriedades heterogêneas, diferentes estratigrafias e diferentes tipos de ruptura (planar, circular e plano-circular) nas análises, bem como o comportamento das pressões neutras no maciço. As análises foram realizadas considerando as fases apresentadas na Tabela 5-1 usando o método GLE/Morgenstern-Price,

Tabela 5-1 - Fatores de Segurança Mínimos Exigidos por Norma

Critério de análise	FS mínimo	Condição	Referência	Talude
Fase executiva e condição final	1,50	Resistência efetiva	NBR 13028	Jusante e Montante
Condição final	1,50	Resistência efetiva	NBR 13028	Ombreiras
Pseudo-estática (solicitação sísmica) ⁽¹⁾	1,10	Resistência efetiva e drenada	NBR 13028	Ombreiras
Rebaixamento Rápido	1,10	Resistência efetiva e total	NBR 13028	Montante
Condição Crítica ⁽²⁾	1,30	Resistência efetiva	NBR 13028	Ombreiras

(1) Acelerações sísmicas: $aV.g = 0,03g$ e $aH.g = 0,05g$;

(2) Elevação do nível freático nas ombreiras e maciço da barragem na El. 815,00 m.

Os parâmetros utilizados nas análises foram os do critério de ruptura de Mohr-Coulomb (coesão efetiva, c' , ângulo de atrito efetivo, ϕ' , coesão total, c , e ângulo de atrito total, ϕ) para materiais com comportamento drenado conforme Tabela 5-2.



Tabela 5-2 - Parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade

Material	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	C (kPa)	ϕ (°)	Referência
Aterro compactado	22	6	33	32	17	(1)
Dreno de pé	26	0	42	-	-	(2)
Colúvio Laterítico	19	15	23	-	-	(3)
Solo residual	17	15	33	-	-	(3)
Saprolito	22	0	43	-	-	(2)
Gnaiss	22	40	45	-	-	(2)
Sedimento Reservatório	20	0	20	-	-	(4)

Referências:

- (1) Ensaios de laboratório recebidos do "As Is" de 2020 da Tetra Tech, documentos .xls: EC_12805-AI - Cópia; EC_12807-AI - Cópia; e EC_12809-AI - Cópia.
- (2) Relatório técnico DOM-BM1-RDP-01 - Volume 02: Diagnóstico de Performance e "As Is" das estruturas elaborado pela empresa Domus em 2012.
- (3) Inferido através do banco de dados da BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA conforme consta no RL-1850JJ-X-31196 (Critérios e premissas)
Sendo:
 γ - Peso específico;
 c' - Coesão efetiva;
 ϕ' - Ângulo de atrito interno efetivo;
- (3) Parâmetro inferido com base na experiência da BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA
Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA, 2021 - RL-1850JJ-X-31241 - Anexo IX - Volume I.



5.1.1.1.1 Resultados

As análises de estabilidade para a retirada do maciço e dos sedimentos foram realizadas em duas seções A-A' e D-D', conforme planta da Figura 5-1 (BVL, 2021 - RL-1850JJ-X-31201 - Anexo IX - Volume I).

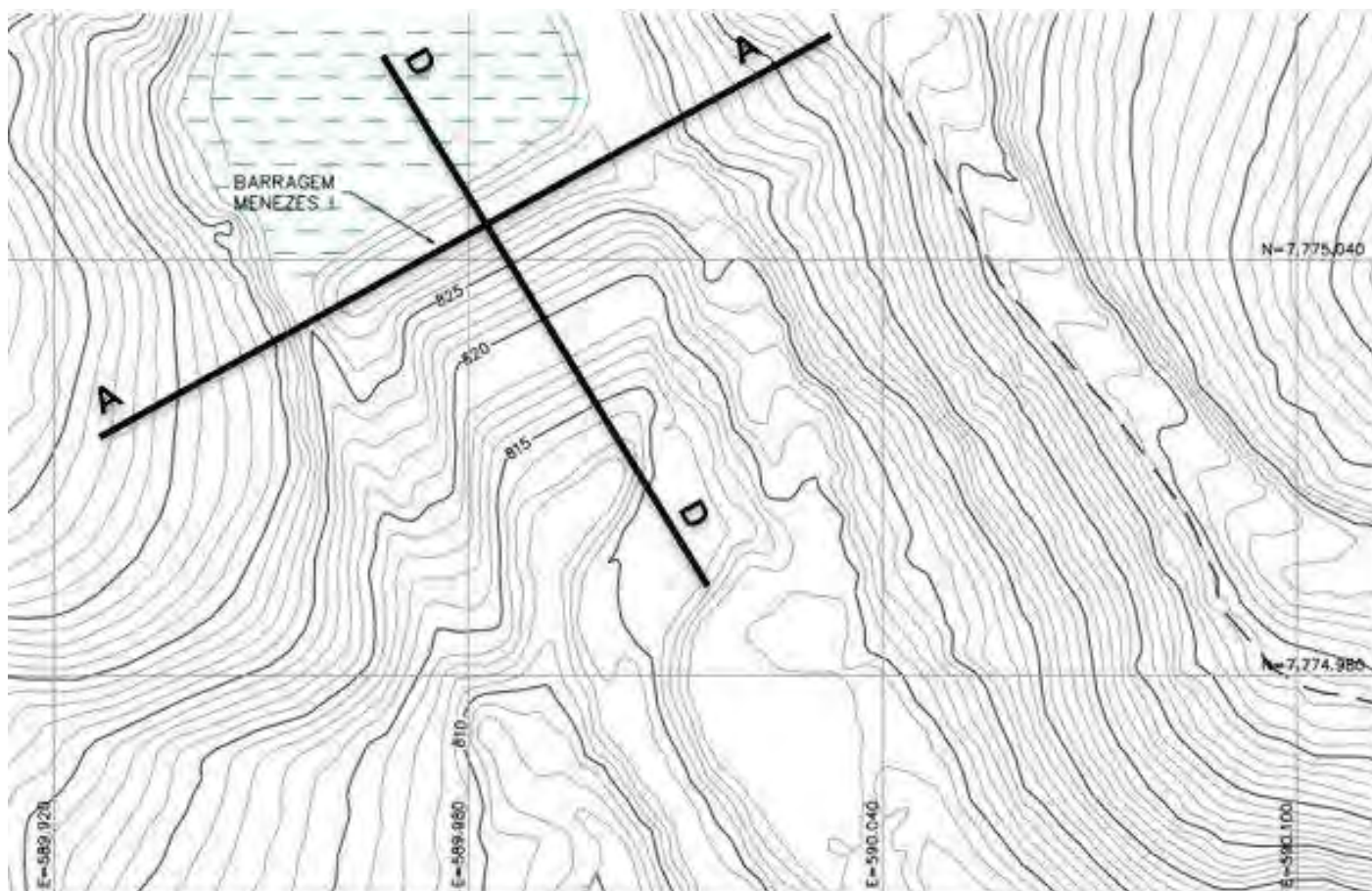


Figura 5-1 - Planta de localização das seções para análises de estabilidade.

Para seção transversal da barragem (Seção D-D) foram feitas análises considerando a descaracterização da barragem até a cota 815 metros. Para remoção do maciço da barragem e dos sedimentos foi considerada a seguinte sequência executiva para análise dos cálculos:

- (1) Escavar os sedimentos do reservatório até EL. 824,00m;
- (2) Remover o aterro da barragem até EL. 825,00m;
- (3) Escavar os sedimentos do reservatório até EL. 821,00m;
- (4) Remover o aterro da barragem até EL. 822,00m;
- (5) Escavar os sedimentos do reservatório até EL. 818,00m;
- (6) Remover o aterro da barragem até EL. 819,00m;
- (7) Escavar os sedimentos do reservatório até EL. 815,00m;
- (8) Remover o aterro da barragem até EL. 815,00m.



A tabela abaixo apresenta um resumo dos fatores de segurança obtidos nas principais análises de estabilidade do talude de montante da barragem Menezes I. As figuras da sequência mostram os resultados das análises para a Seção transversal da barragem (Seção D-D).

Tabela 5-3 - Resumo dos resultados das análises de estabilidade.

Seção D-D - Seção Transversal				
Condição de Análise	Elevação dos sedimentos (m)	Elevação do maciço (m)	Talude	FS obtido
Inicial	Variável (máx. El. 825,487m)	828	Montante	2,14
			Jusante	1,65
Fase Executiva 1	824	828	Montante	1,81
			Jusante	1,65
Fase Executiva 2	821	825	Montante	1,80
			Jusante	1,90
Fase Executiva 3	818	822	Montante	1,81
			Jusante	2,07
Fase Executiva 4	815	819	Montante	1,80
			Jusante	2,08
Final	815	815	Jusante	2,87
Seção D-D - Seção Transversal				
Condição de Análise	NA Inicial (m)	NA Final (m)	Talude	FS obtido
Rebaixamento Rápido	Variável (máx. El. 825,487m)	824	Montante	1,68
	824	821	Montante	1,43
	821	818	Montante	1,41
	818	815	Montante	1,42

Fonte: BVL, 2021 - RL-1850JJ-X-31201 - - Anexo X - Volume I.

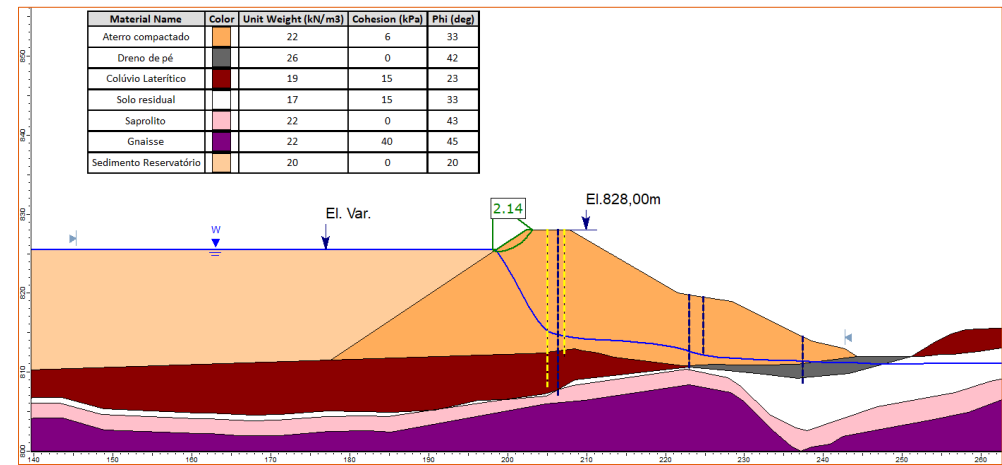


Figura 5-2 - Seção D-D - Inicial (Situação atual) - Montante - Superfície não circular - FS = 2,14.

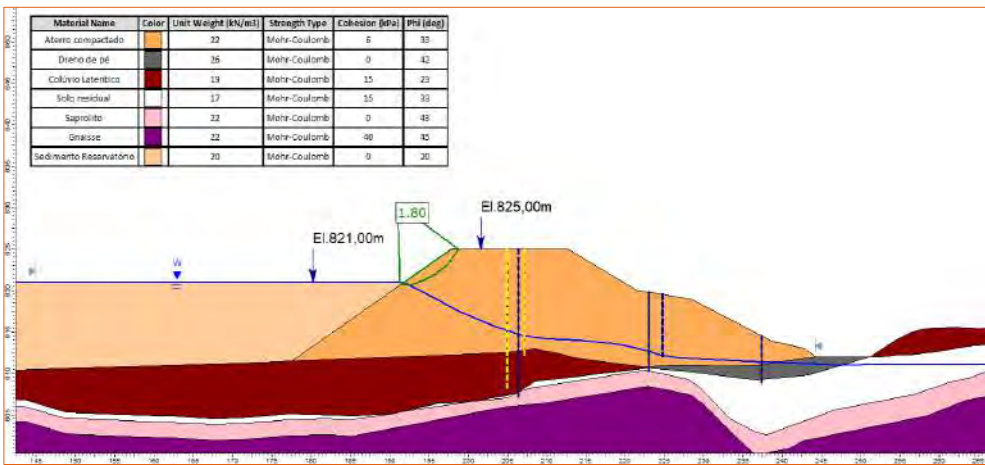


Figura 5-3 - Seção D-D - Fase Executiva 2 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) - Superfície não circular - FS = 1,80.

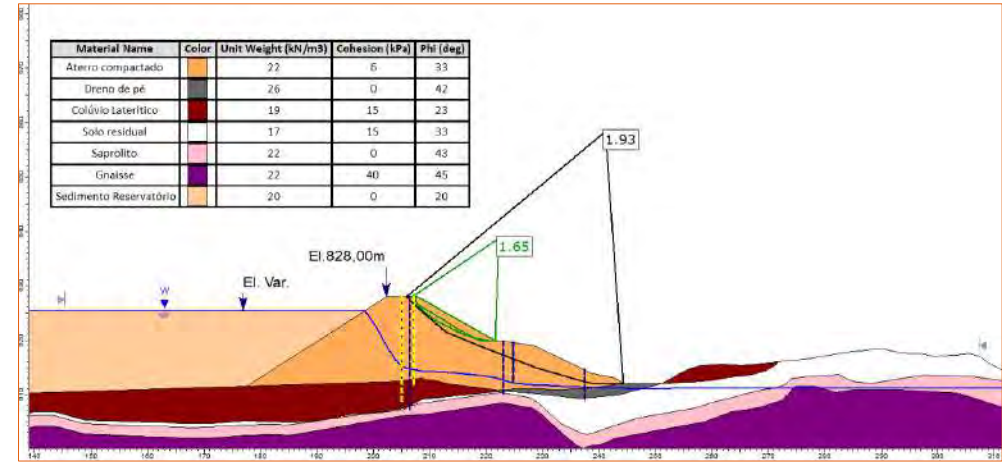


Figura 5-4 - Seção D-D - Inicial (Situação atual) - Jusante - Superfície não circular - FS = 1,65.

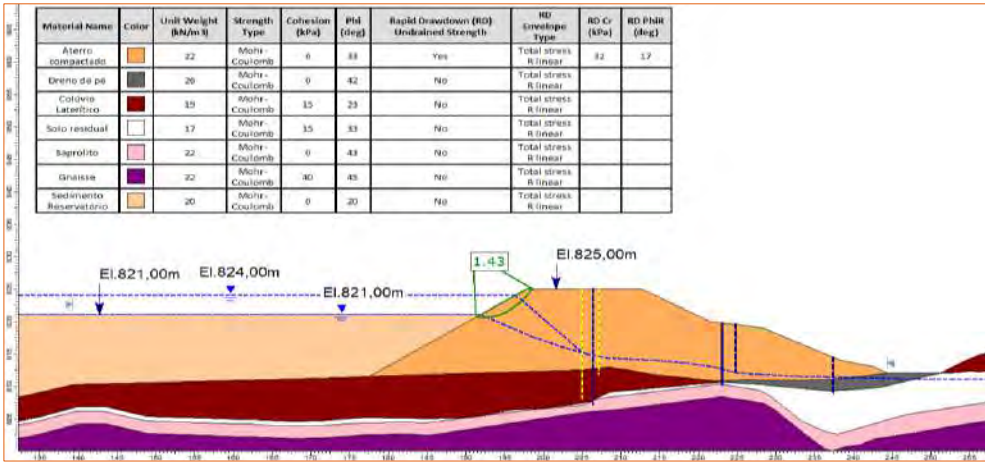


Figura 5-5 - Seção D-D - Fase Executiva 2 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) - Rebaixamento Rápido - Superfície não circular - FS = 1,43.

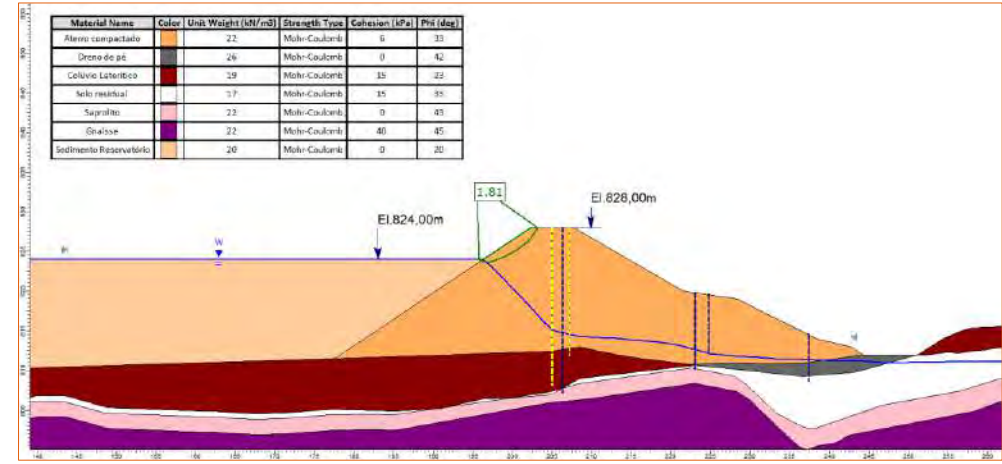


Figura 5-6 - Seção D-D - Fase Executiva 1 (rebaixamento do reservatório até a cota 824m) - Superfície não circular - FS = 1,81.

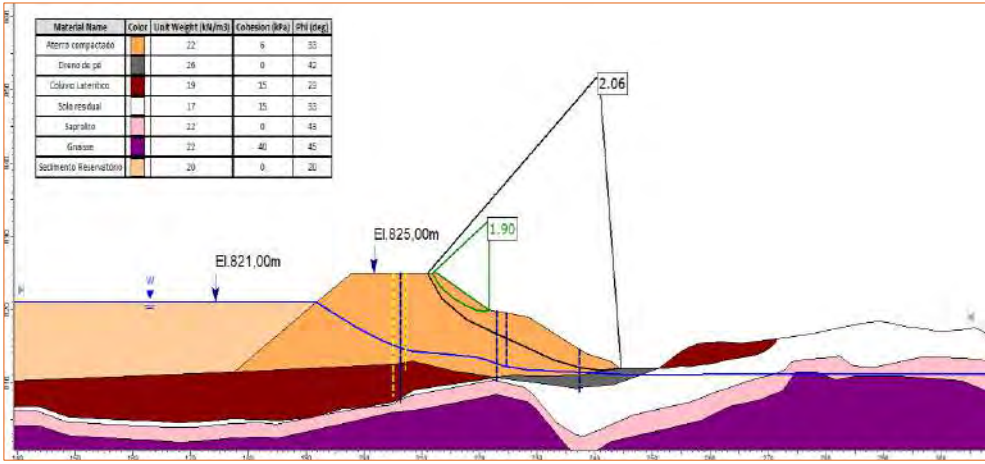


Figura 5-7 - Seção D-D - Fase Executiva 2 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) - Superfície não circular - FS = 1,90.

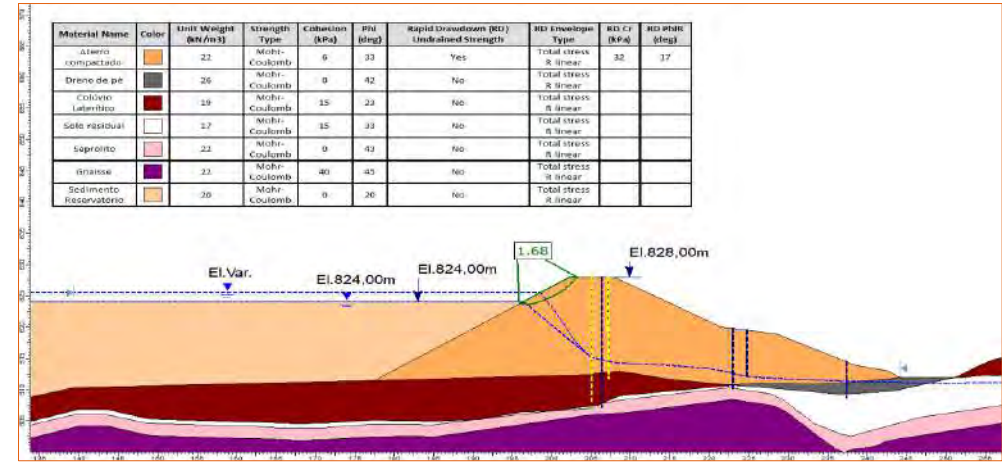


Figura 5-8 - Seção D-D - Fase Executiva 1 (rebaixamento do reservatório até a cota 824m) - Rebaixamento Rápido - Superfície não circular - FS = 1,68.

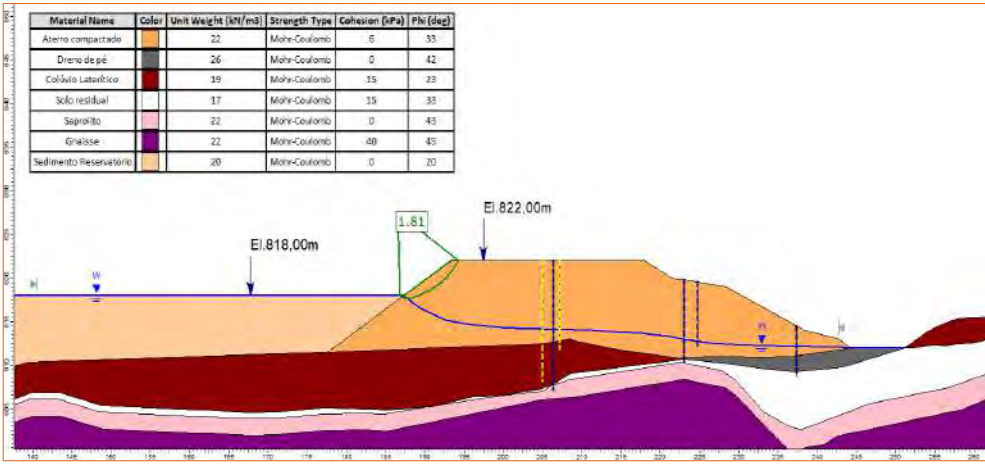


Figura 5-9 - Seção D-D - Fase Executiva 3 (rebaixamento do maciço até a cota 822m e dos sedimentos até a cota 818m) - Superfície não circular - FS = 1,81.

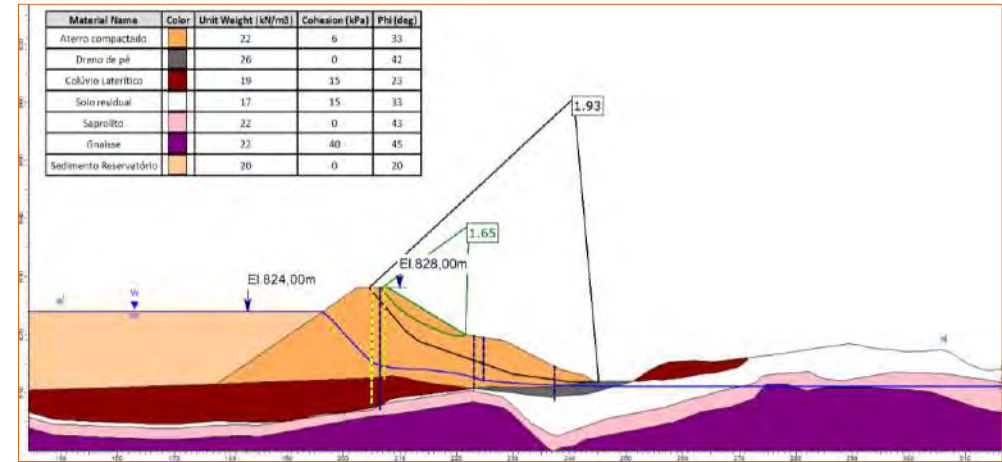


Figura 5-10 - Seção D-D - Fase Executiva 1 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) - Superfície não circular - FS = 1,65.

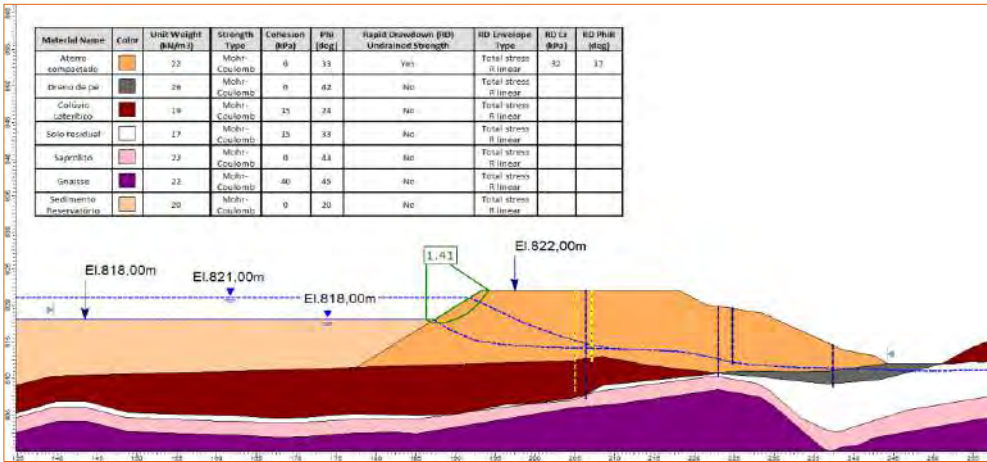


Figura 5-11 - Seção D-D - Fase Executiva 3 (rebaixamento do maciço até a cota 822m e dos sedimentos até a cota 818m) - Rebaixamento Rápido - Superfície não circular - FS = 1,41.

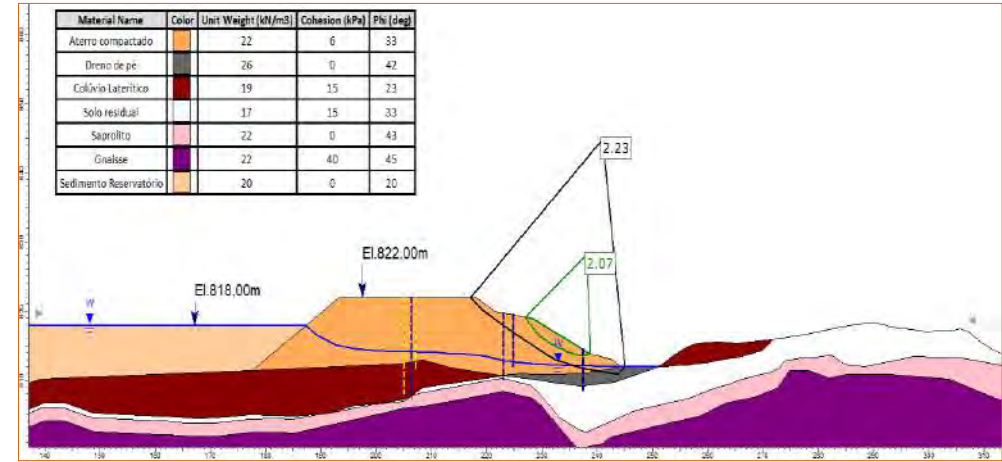


Figura 5-12 - Seção D-D - Fase Executiva 3 (rebaixamento do maciço até a cota 822m e dos sedimentos até a cota 818m) - Superfície não circular - FS = 2,07.

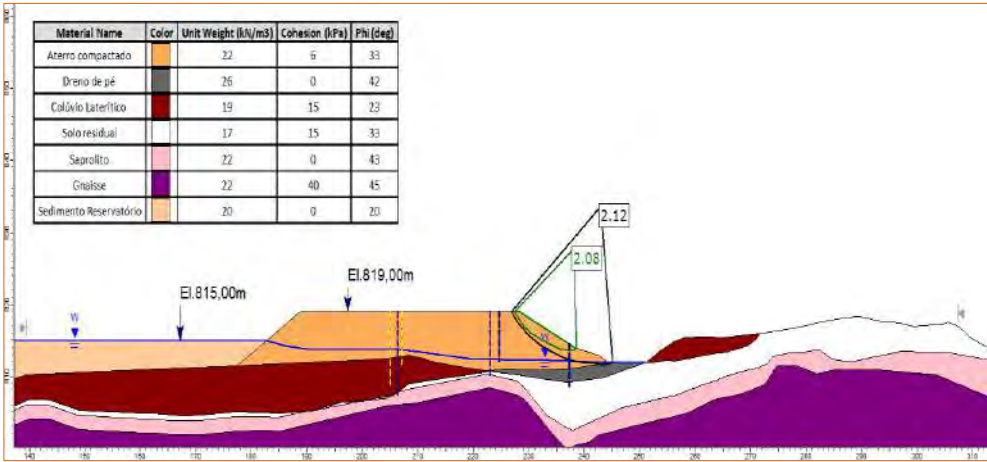


Figura 5-13 - Seção D-D - Fase Executiva 4 (rebaixamento do maciço até a cota 819m e dos sedimentos até a cota 815m) - Superfície não circular - FS = 2,08.

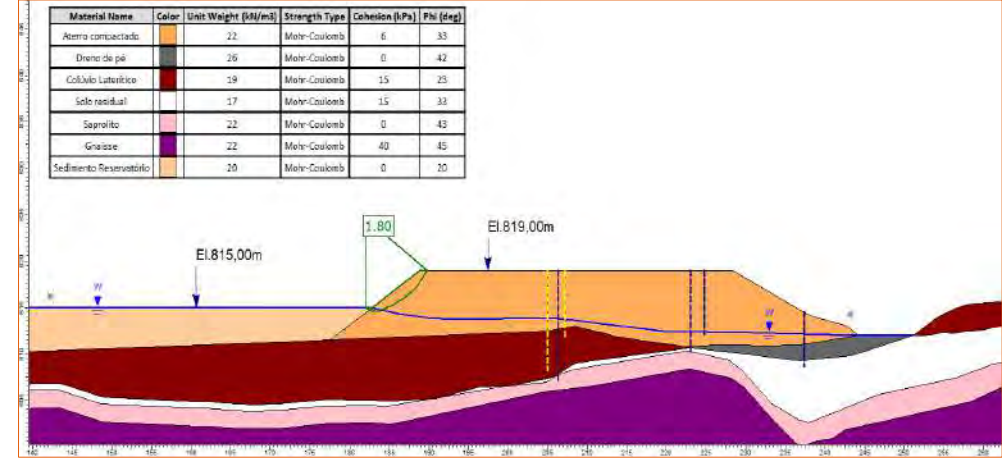


Figura 5-14 - Seção D-D - Fase Executiva 4 (rebaixamento do maciço até a cota 819m e dos sedimentos até a cota 815m) - Superfície não circular - FS = 1,80.

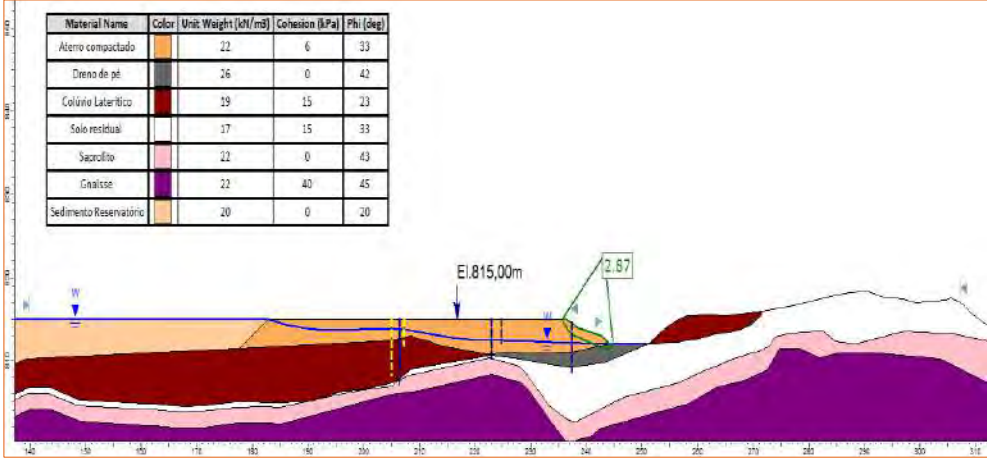


Figura 5-15 - Seção D-D - Final (rebaixamento do maciço até a cota 815m e dos sedimentos até a cota 815m) - Superfície não circular - FS = 2,87.

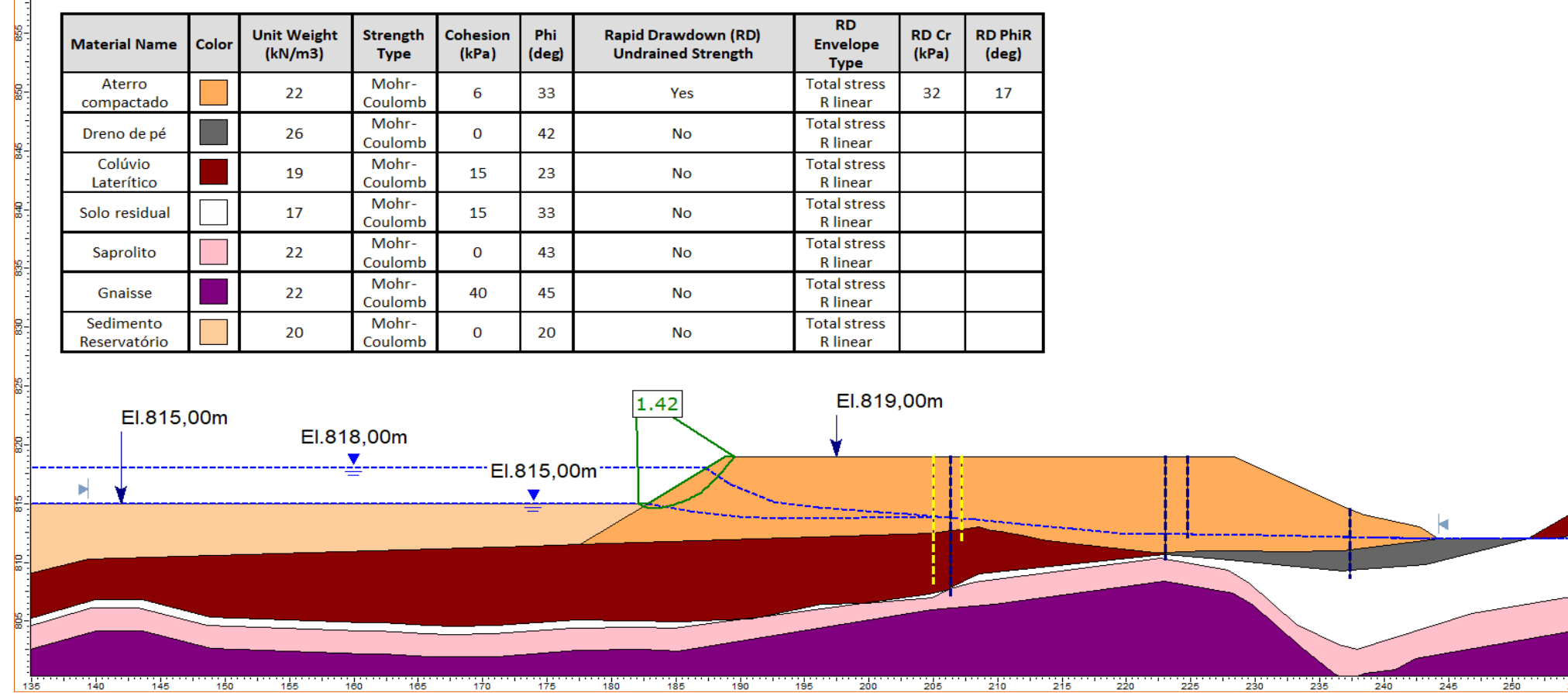


Figura 5-16 - Seção D-D - Fase Executiva 4 (rebaixamento do maciço até a cota 819m e dos sedimentos até a cota 815m) - Rebaixamento Rápido - Superfície não circular - FS = 1,42.



De forma análoga, foram feitas as análises considerando a descaracterização da barragem até a cota 815 para seção longitudinal da barragem. Para remoção do maciço da barragem e dos sedimentos seguirá a mesma sequência executiva do item anterior. Devido à falta de informação sobre o nível freático nas ombreiras da barragem Menezes I, nas análises de estabilidade, o nível freático foi tratado de forma arbitrária para uma análise de sensibilidade do nível freático e fatores de segurança obtidos. Sendo estabelecido no contato solo residual de gnaiss e saprolito de gnaiss, e no contato saprolito de gnaiss e rocha sã de gnaiss.

Para a condição crítica, foi arbitrado um nível freático nas ombreiras para indicar uma possível freática de risco que possa ocorrer nos períodos chuvosos, para obtenção de fatores de segurança maiores ou iguais a 1,30. Nas próximas etapas, as análises serão revisadas de acordo com os resultados das investigações a serem executadas.

A Tabela 5-4 apresenta um resumo dos fatores de segurança obtidos nas principais análises de estabilidade da Barragem Menezes I. As figuras da sequência mostram os resultados das análises para a Seção longitudinal da barragem (Seção A-A).

Tabela 5-4 - Resumo dos resultados das análises de estabilidade.

Seção A-A - Seção Longitudinal				
Linha Freática nas Ombreiras	Elevação do maciço da barragem (m)	Talude	Condição de Análise	
			Normal FS obtido	Sismo FS obtido
1 - Contato solo residual de gnaiss/saprolito de gnaiss	825	Ombreira Direita	1,88	1,78
		Ombreira Esquerda	2,17	2,02
	815	Ombreira Direita	1,50	1,38
		Ombreira Esquerda	1,55	1,40
2 - Contato saprolito de gnaiss/rocha sã de gnaiss	825	Ombreira Direita	1,88	1,78
		Ombreira Esquerda	2,17	2,02
	815	Ombreira Direita	1,52	1,40
		Ombreira Esquerda	1,59	1,45
Condição Crítica ⁽¹⁾	815	Ombreira Direita	1,36	-
		Ombreira Esquerda	1,33	-

Nota: 1 - Elevação da linha freática 2,0m acima do contato solo residual de gnaiss/saprolito de gnaiss.

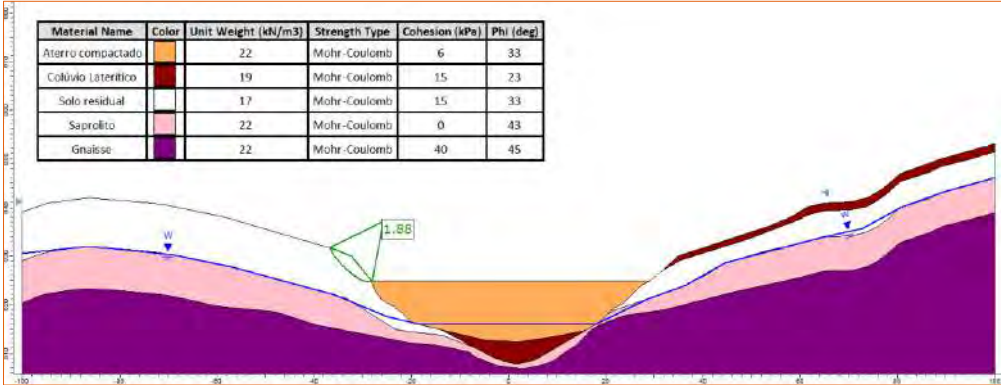


Figura 5-17 - Seção A-A - Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,88.

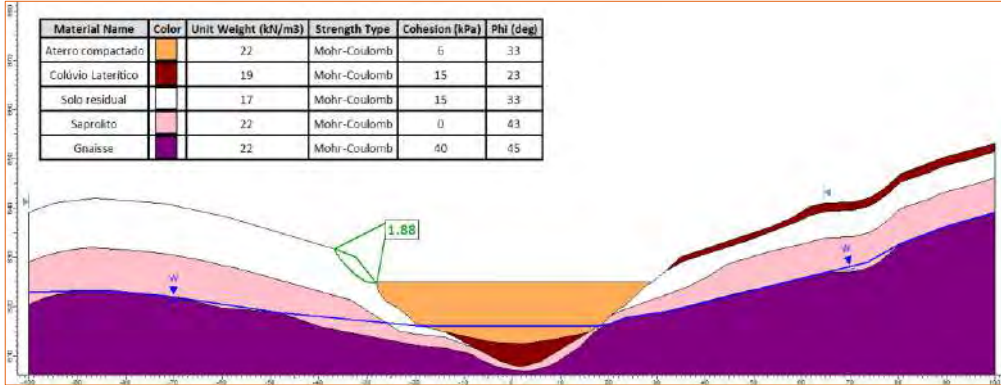


Figura 5-18 - Seção A-A - Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,88.

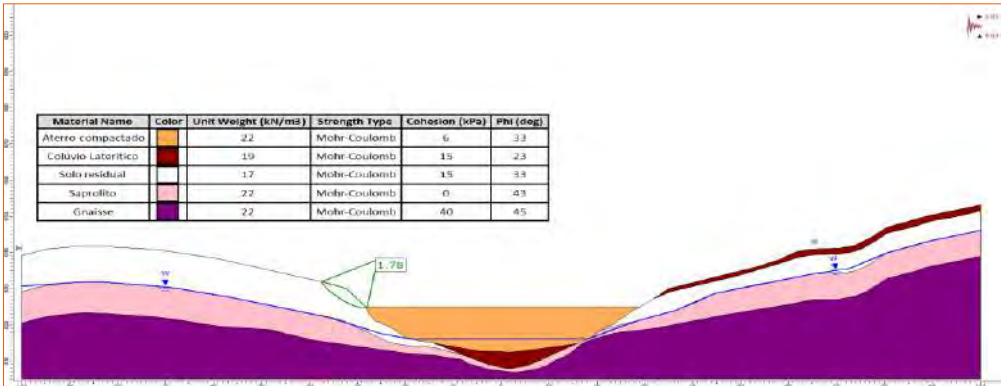


Figura 5-19 - Seção A-A - Condição Sismo (El. 825) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,78.

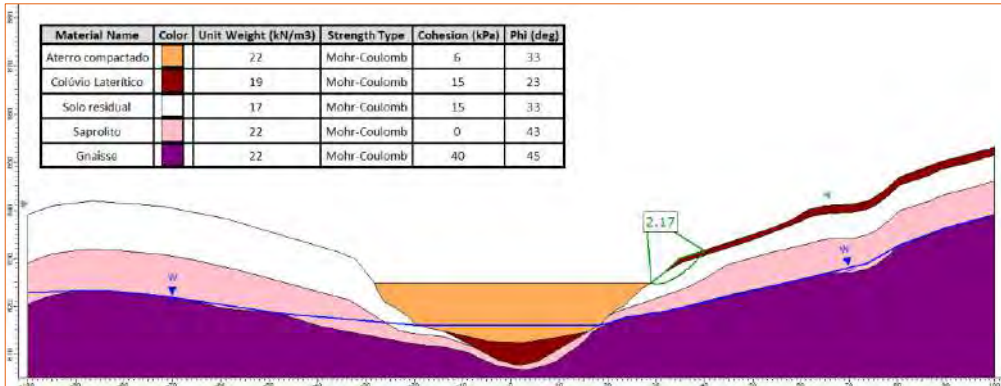


Figura 5-20 - Seção A-A - Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 2,17.

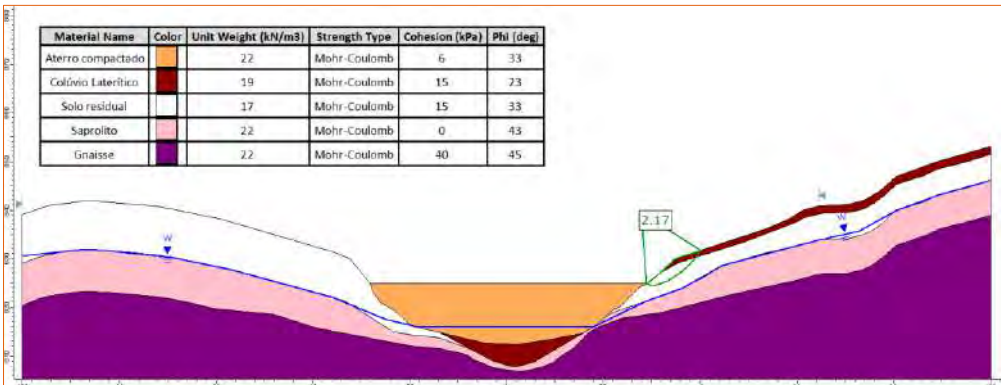


Figura 5-21 - Seção A-A - Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 2,17

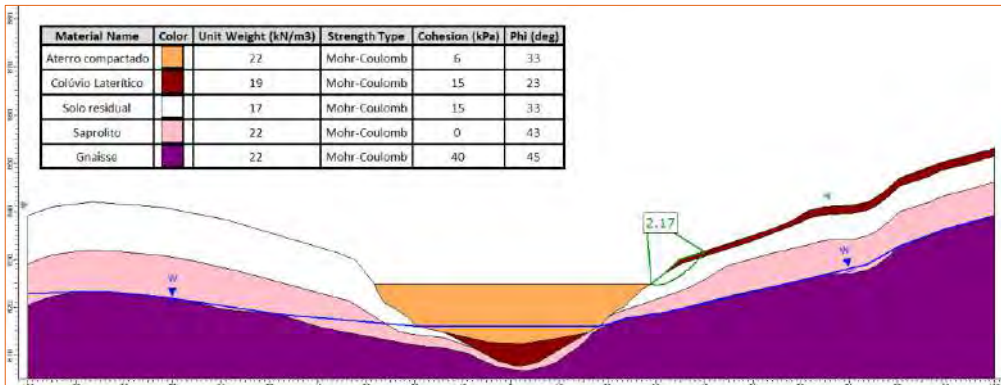


Figura 5-22 - Seção A-A - Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 2,17.

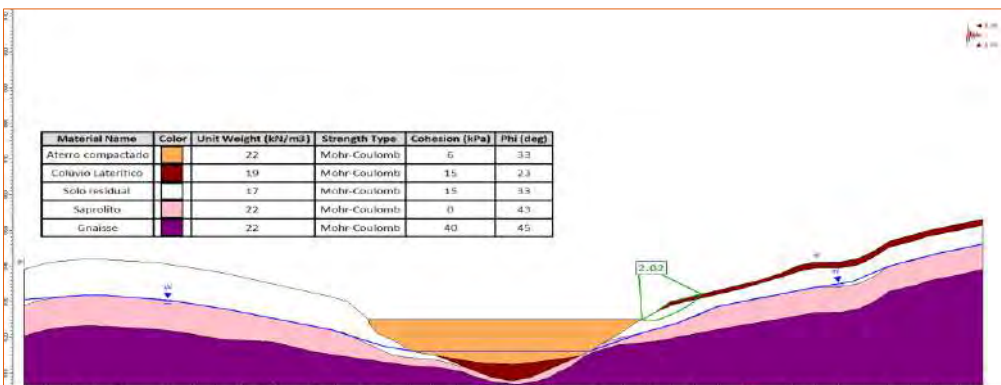


Figura 5-23 - Seção A-A - Condição Sismo (El. 825) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 2,02.

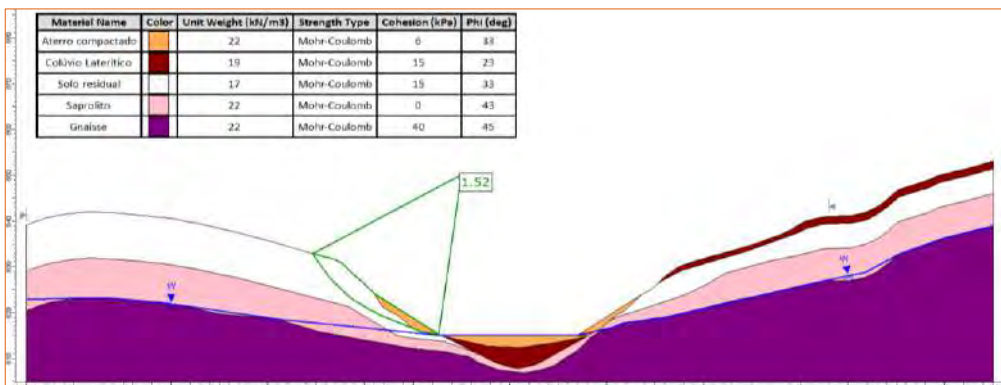


Figura 5-24 - Seção A-A - Condição Normal (El. 815) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,52.

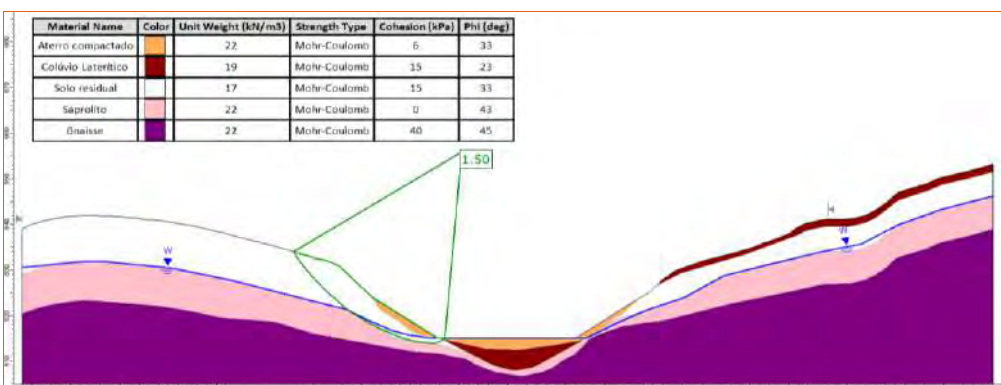


Figura 5-25 - Seção A-A - Condição Normal (El. 815) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,50.

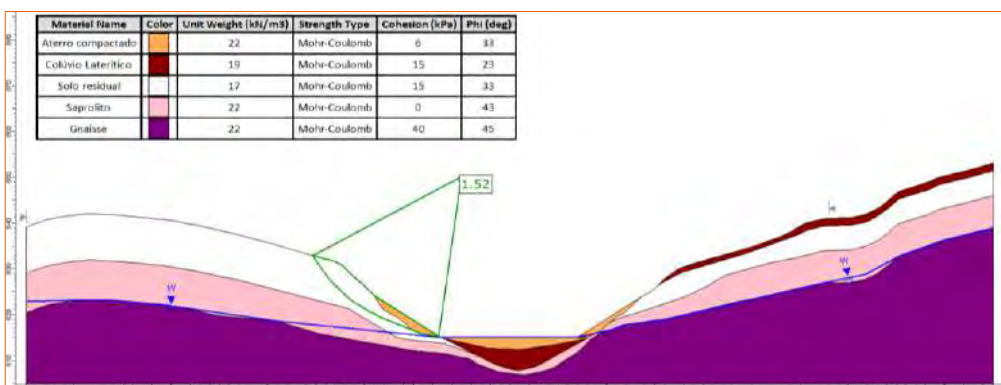


Figura 5-26 - Seção A-A - Condição Normal (El. 815) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,52.

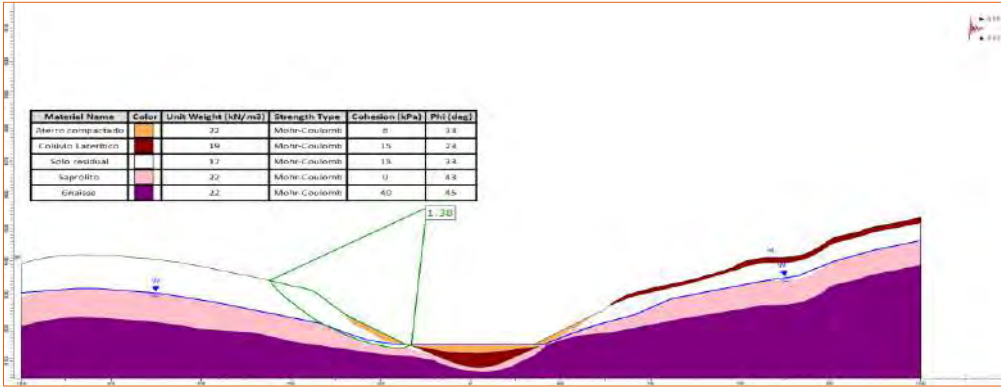


Figura 5-27 - Seção A-A - Condição Sismo (El. 815) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,38.

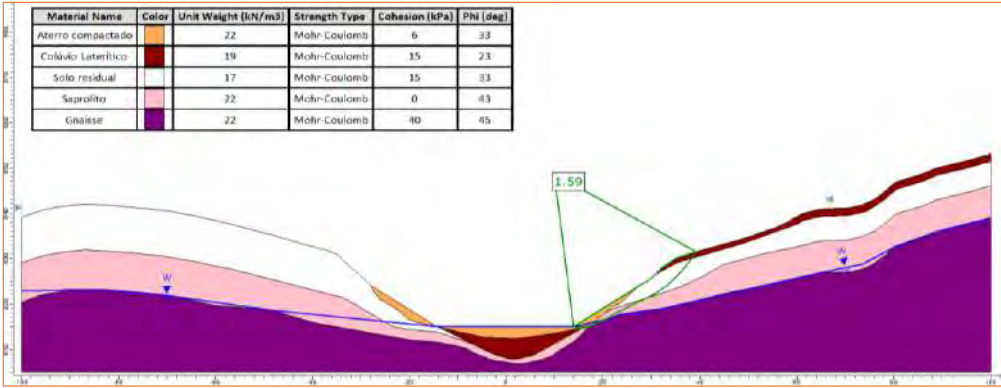


Figura 5-28 - Seção A-A - Condição Normal (El. 815) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,59.

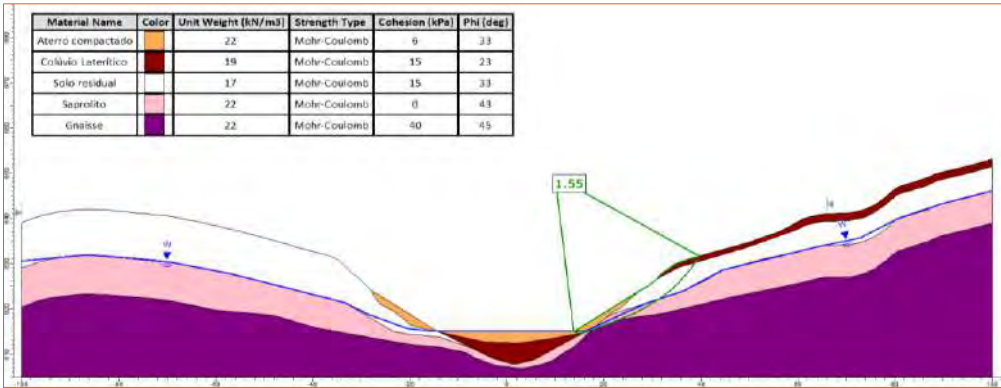


Figura 5-29 - Seção A-A - Condição Normal (El. 815) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,55.

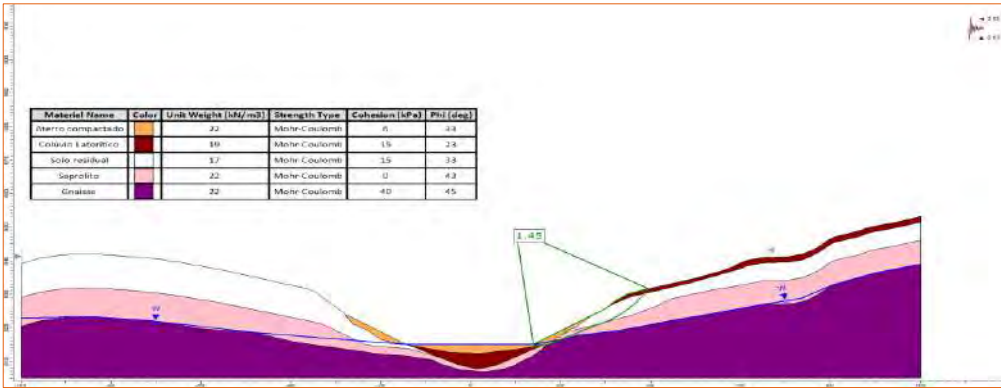


Figura 5-30 - Seção A-A - Condição Sismo (El. 815) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,45.

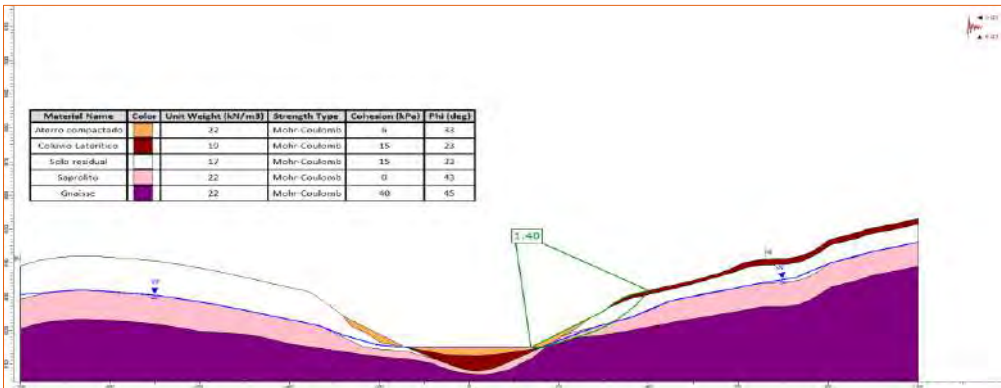


Figura 5-31 - Seção A-A - Condição Sismo (El. 815) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - Freática 1 - FS = 1,40.

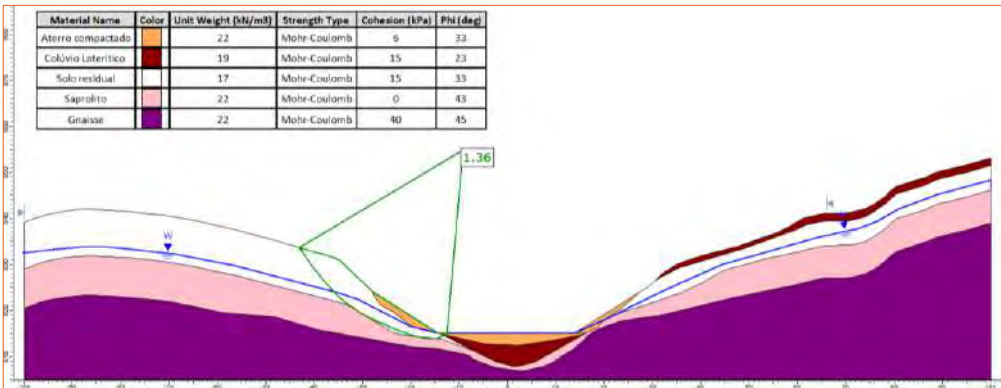


Figura 5-32 - Seção A-A - Condição Crítica (El. 815) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - FS = 1,36.

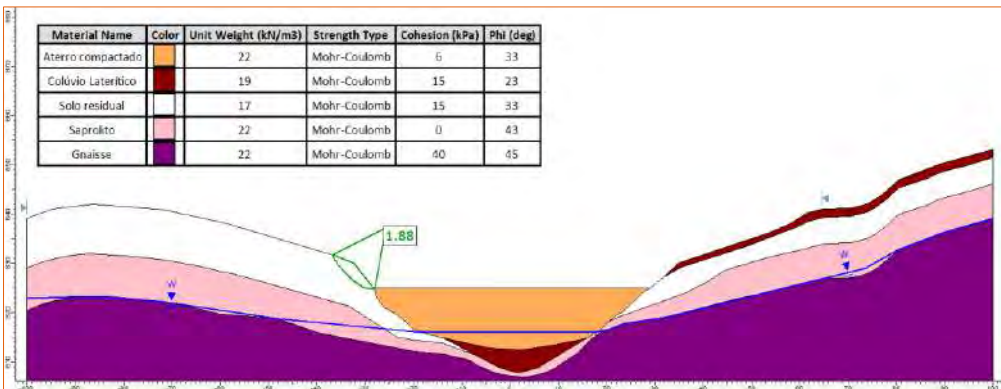


Figura 5-33 - Seção A-A - Condição Normal (El. 825) - Talude da Ombreira Direita - Superfície não circular - Freática 2 - FS = 1,88.

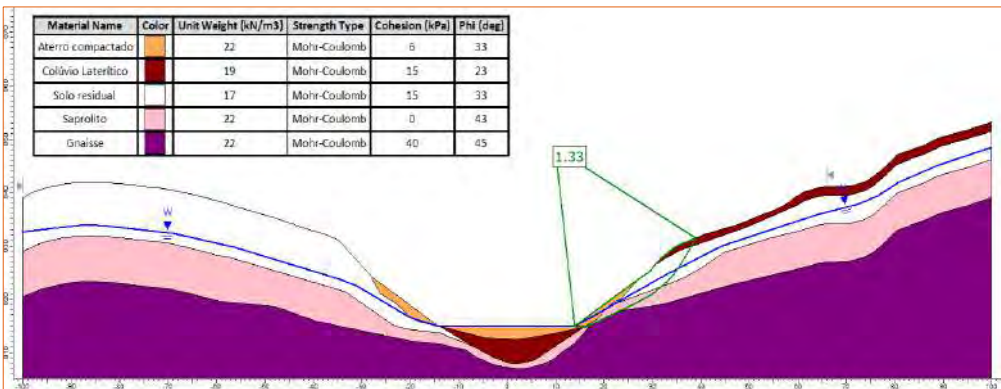


Figura 5-34 - Seção A-A - Condição Crítica (El. 815) - Talude da Ombreira Esquerda - Superfície não circular - FS = 1,33.



5.1.2 Estudos Hidrológico-hidráulicos

Os estudos hidrológicos foram elaborados com o objetivo de determinar as chuvas de projeto e, posteriormente, as vazões de projeto para dimensionamento das estruturas hidráulicas. Basicamente, a metodologia adotada nos estudos hidrológicos pode ser resumida na seguinte sequência:

- Avaliação das informações básicas disponíveis;
- Definição do sistema hidrológico para cálculo das vazões de cheias;
- Delimitação das áreas de contribuição às estruturas;
- Definição das características e parâmetros físicos das áreas de contribuição, tais como uso e ocupação do solo, declividades, comprimentos dos talwegues e respectivos tempos de concentração;
- Estudo das chuvas intensas na área do empreendimento, definindo-se as chuvas de projeto, em função das durações críticas encontradas;
- Cálculo das vazões inerentes às estruturas.

A definição das chuvas de projeto foi feita a partir de estudos de chuvas intensas e utilizou os dados atualizados em 2020 de quantis de chuva obtidos por análise de frequência regional para a Mina Córrego do Feijão. Os valores apresentados foram obtidos a partir do Estudo de Chuvas Intensas e Cálculo da PMP Corredor Sudeste - VALE, elaborado pela POTAMOS.

A partir da caracterização geomorfológica da bacia de contribuição, foram determinados alguns parâmetros para as simulações hidrológicas desenvolvidas, apresentados na Tabela 5-5, sendo que o T_c (tempo de concentração) para a SB1 (área natural) foi calculado pela média aritmética dos tempos de concentração determinados a partir das fórmulas de Kirpich e GB Willians, e para a SB2 (área da pilha) foi calculado pelo método cinemático. A sub-bacias delimitadas estão ilustradas na Figura 5-35, com a adição das sub-bacias da barragem Menezes II, a jusante da primeira.

Tabela 5-5 - Parâmetros de modelagem hidrológica da bacia de contribuição

Nome da Área	T_c (minutos)	Lagtime (minutos)	Δt Hietogramas (minutos)	CN	I_a (mm)	% A_{imp}^*
SB1	32,4	19,4	1,0	60	33,9	0
SB2	20,7	12,4	1,0	74	17,8	0

* A área impermeável foi previamente considerada para o cálculo do CN.

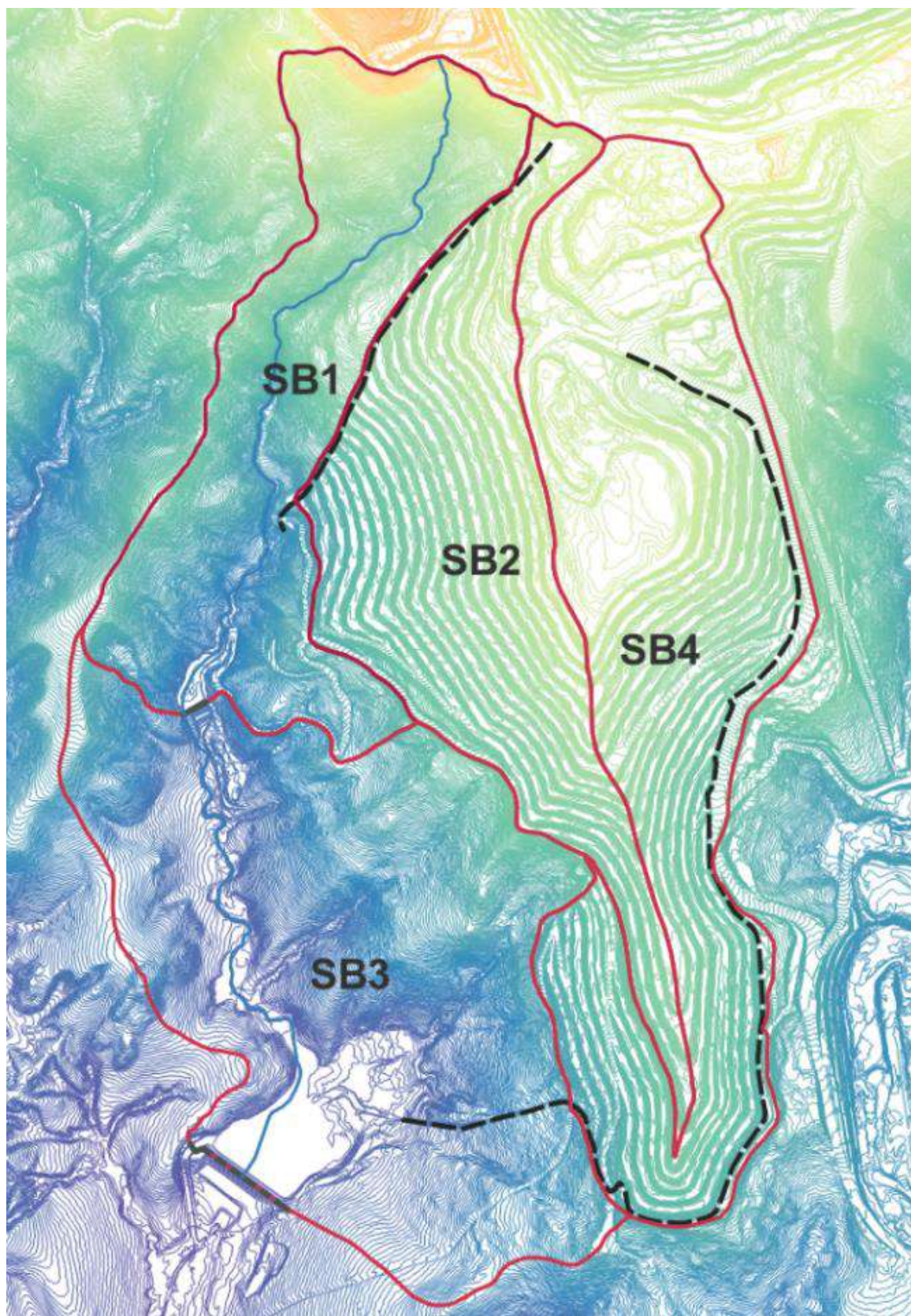


Figura 5-35 - Delimitação das Sub-Bacias e do Talvegue das Barragens Menezes I e Menezes II.



A Tabela 5-6 apresenta as vazões máximas para diferentes tempos de recorrência, com durações de 1 hora a 30 dias. A vazão máxima é alcançada durante um evento de 2 horas de duração, com uma vazão de até 25.9 m³/s para TR de 10.000 anos. A Figura 5.4 mostra os hidrogramas de vazões resultantes das simulações hidrológicas do software HEC-HMS para diferentes TRs.

Tabela 5-6 - Vazões máximas para diferentes Tempos de Recorrência

Duração	Vazões Máximas (m ³ /s)			
	500 anos	1000 anos	10000 anos	PMP
1 hora	11.1	12.6	17.5	24.8
2 horas	13.3	15.0	20.6	25.9
4 horas	11.8	13.1	17.8	21.4
6 horas	9.9	11	14.7	17.4
8 horas	8.5	9.4	12.5	14.8
10 horas	7.4	8.2	10.9	12.9
12 horas	6.6	7.3	9.6	11.4
18 horas	5	5.6	7.3	8.1
1 dia	4.1	4.5	6	7.3
2 dias	3	3.3	4.2	
3 dias	2.6	2.8	3.6	
5 dias	2.1	2.3	2.9	
7 dias	1.9	2	2.5	
10 dias	1.6	1.7	2.1	
15 dias	1.3	1.4	1.8	
20 dias	1.2	1.2	1.5	
30 dias	0.9	1	1.2	

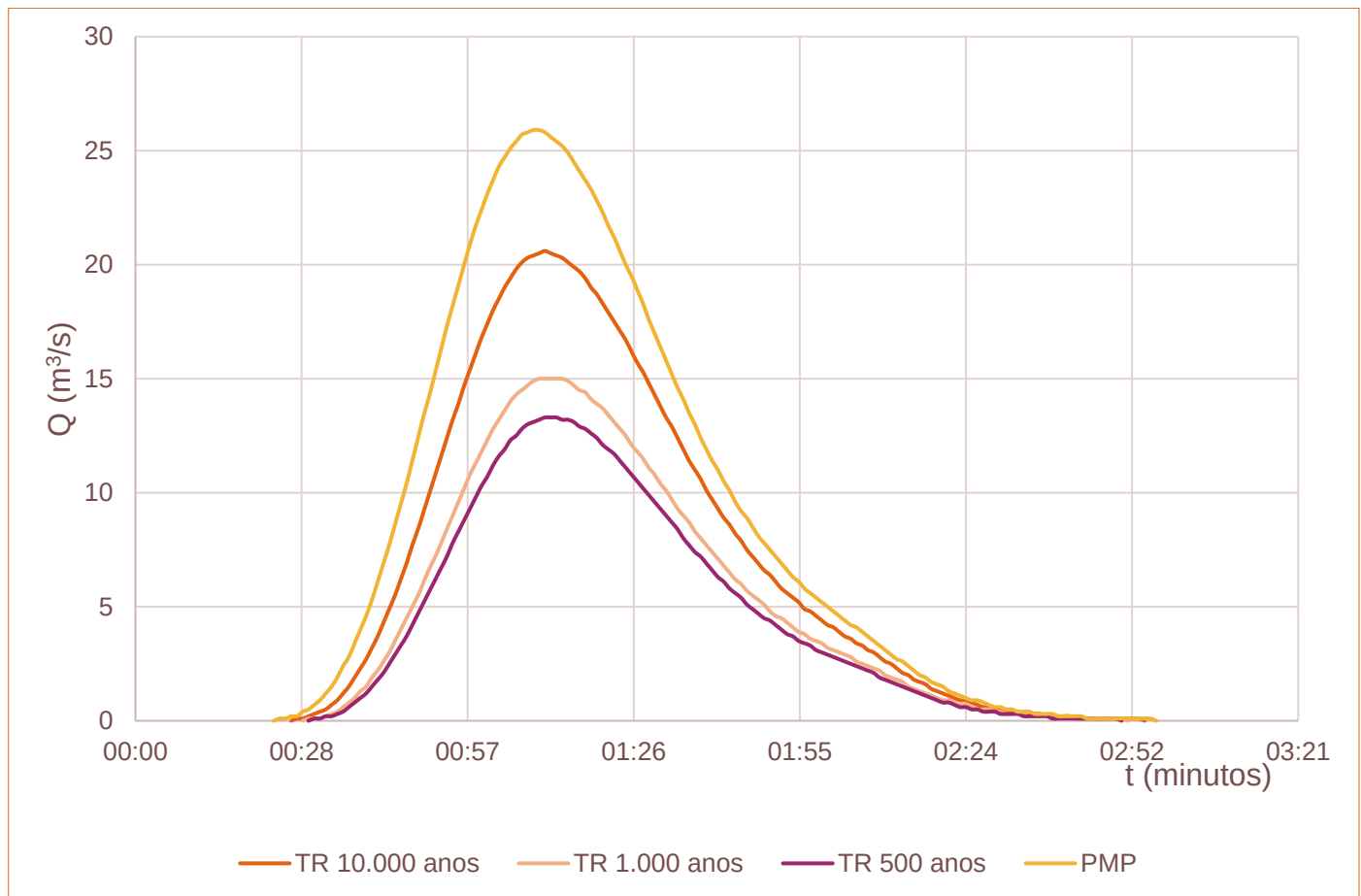


Figura 5-36 - Hidrogramas de vazões

O dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem superficial do projeto de descaracterização foi feito a partir das diretrizes estabelecidas por normatizações vigentes, que visam aumentar a segurança e confiabilidade do estudo. O critério da cheia de projeto utilizado foi o TR 10.000 anos, entretanto, destaca-se que o critério do tempo de retorno será adequado no projeto básico conforme atualização das legislações atualizadas após 2021. Nesse contexto, a análise de impactos hidráulicos já indica que a barragem Menezes I está suscetível a situações de galgamento durante enchentes geradas por um modelo de precipitação conhecido como PMP, considerando um nível de umidade correspondente à Categoria de Área de Relevância Climática III (ARC III). Essas circunstâncias estão relacionadas a eventos de natureza extremamente intensa.

Ainda em relação aos critérios de dimensionamento, foi utilizada a equação de Manning, considerando a lâmina de água obtida a partir do cálculo do regime de escoamento permanente e uniforme. A equação considera a área molhada da seção transversal do dispositivo de drenagem, o raio hidráulico, a declividade de fundo, a vazão de projeto e o coeficiente de rugosidade de Manning, que é considerado igual a 0,015 para as estruturas revestidas em concreto. Para as estruturas revestidas em enrocamento, foi utilizado um coeficiente de Manning e as velocidades admissíveis em função do diâmetro médio (D50) do enrocamento, conforme preconizado por Abt et al. (1987-A e 1987-B), Abt e Jhonson (1991) e Abt et al. (2008). A espessura da camada de enrocamento deve ser pelo menos igual a duas vezes seu D50.



Outros materiais de revestimento foram considerados quando os limites de velocidades e/ou dimensão são excedidos ou se tornam inexecutáveis. No caso do trecho em degraus, no regime nappe flow, é analisada a aplicabilidade de revestimento utilizando Gabião.

Para verificar a velocidade média de escoamento na seção hidráulica foi utilizada a equação da continuidade, dividindo-se a vazão de projeto da estrutura pela área molhada ocupada pelo escoamento. Devido às incertezas em relação à falta de levantamentos de campo recentes, onde foram verificadas inconsistências em relação à topografia e geologia, para interpretação e delimitação do maciço entre o barramento e a fundação da Barragem Menezes I, foram apresentadas no projeto Conceitual, seções ao longo do reservatório que fossem representativas em relação ao volume e/ou complexidade.

Foi considerada declividade de implantação mínima dos canais igual a 0,5%, por serem implantados sobre sedimentos. A verificação da lâmina de água máxima nos canais é realizada a partir do nível de água igual à energia crítica de escoamento no canal, necessária para desemboque do escoamento ao final das estruturas. A condição de escoamento crítico é caracterizada por um Coeficiente de Froude (Fr) igual à unidade, que é dado por uma equação para canais prismáticos apresentada por Baptista (2006).

Após as verificações acima, foi traçada a seção longitudinal do trecho total a ser descaracterizado, desde o ponto mais a montante do reservatório até mais a jusante da barragem, desenvolvendo-se assim, geometrias que fossem compatíveis com os resultados das análises geológico-geotécnicas e que não comprometessem o desempenho hidráulico.

O item 5.2.1.7 descrito na Fase de Implantação apresenta o arranjo e a seção longitudinal do canal de drenagem (ref. 1850JJ-X-31339 - Anexo XI - Volume I) a ser implantado para o projeto de descaracterização da barragem Menezes I, dimensionado com base nas informações acima supracitadas.

Os resultados do estudo sobre o impacto hidrológico, hidráulico e sedimentológico a jusante da barragem Menezes I (Head5, 2023, Ref RL-1850JJ-G-31061 - Anexo I - Volume I), já considerando eventos extremos, mostrou uma comparação da condição atual das cheias na bacia e a vida útil do reservatório da barragem Menezes II com o cenário esperado após a descaracterização da barragem Menezes I. O reservatório da barragem Menezes I possui uma capacidade pequena para o amortecimento de cheias, resultando em reduções de 0% a 28% das vazões defluentes de pico em relação às vazões afluentes máximas. Por outro lado, a barragem Menezes II tem uma capacidade considerável para reduzir as vazões defluentes de pico no cenário atual, principalmente para chuvas de até 6 horas de duração.



No cenário futuro, após a descaracterização da barragem Menezes I, é constatado um aumento generalizado das vazões afluentes à barragem Menezes II, variando de 3,0% a 19,0% para diferentes tipos de cheias. No entanto, o aumento das vazões defluentes na barragem Menezes II é pouco significativo, limitado a 4,7% para a cheia produzida pela PMP com a condição de umidade elevada. Diante disso, o estudo conclui que o impacto hidrológico e hidráulico resultante da descaracterização da barragem Menezes I é pouco significativo para a segurança da barragem Menezes II, mesmo durante eventos extremos na bacia. Assim, foram previstas obras de readequação da crista do maciço da barragem Menezes I para reduzir o risco de galgamento em eventos excepcionais.

5.1.3 Estudos Sedimentológicos

Os estudos sedimentológicos foram desenvolvidos pela Head5 (2022) (Anexo X - Volume I) e envolveram o cálculo da taxa de aporte de sedimentos para as barragens Menezes I e Menezes II, localizada a jusante da primeira, utilizando curvas cota x volume fornecidas pela VALE e valores médios teóricos recomendados na literatura para os dois cenários analisados.

Diante disso, foi feita a estimativa do aporte atual de sedimentos às barragens Menezes I e Menezes II com base no histórico de curvas cota x volume dos respectivos reservatórios, porém, a representatividade dessa estimativa foi condicionada às taxas relativas ao período de dados contemplado pelos levantamentos batimétricos

De acordo com esses estudos (Head5, 2022), além da consideração de que a descaracterização da barragem Menezes I está condicionada à conclusão das obras de redirecionamento das drenagens PDE Menezes III, também, foram avaliadas ocorrências relatadas nas estruturas. Diante disso, foram consideradas, no histórico de curvas cota x volume, as limpezas realizadas nos reservatórios das barragens Menezes I e Menezes II durante o período de julho de 2020 a abril de 2022. A limpeza do reservatório da barragem Menezes I ocorreu entre fevereiro e julho de 2020 e entre junho e julho de 2021, além de uma limpeza emergencial na região da ombreira esquerda entre novembro de 2021 e março de 2022.

Foi necessário delimitar a área de contribuição do bueiro que conecta à rede de drenagem da cava da mina Córrego do Feijão com a bacia hidrográfica da barragem Menezes I. Utilizou-se o software QGIS, considerando o levantamento cadastral da cava e o levantamento topográfico disponíveis. Como resultado, foi definida a bacia de contribuição do bueiro, ilustrada na Figura 5-37, com uma área total de 0,353 km².

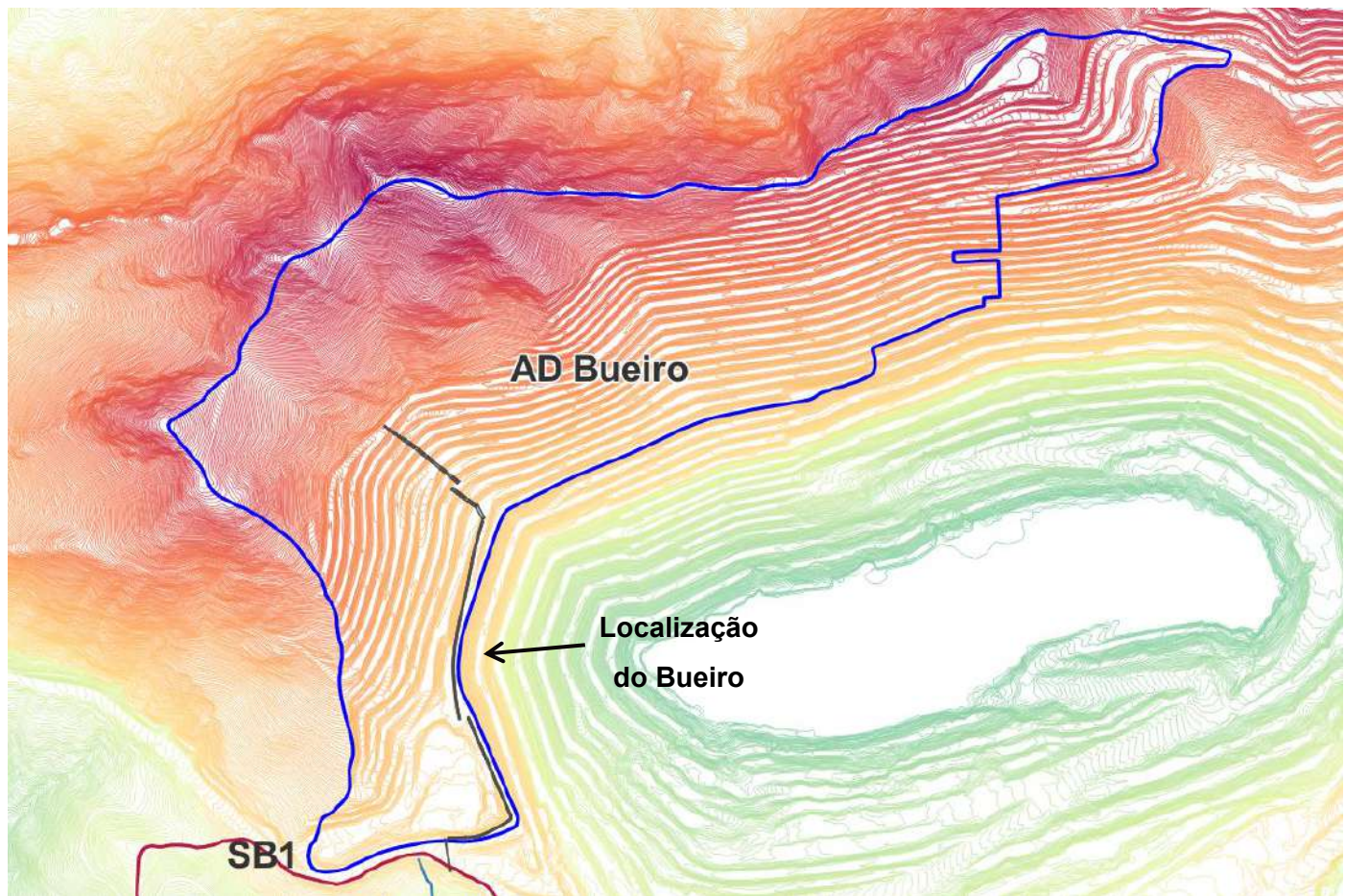


Figura 5-37 - Delimitação da Bacia de Contribuição afluente ao bueiro da cava da Mina Córrego do Feijão

Para o cenário futuro, após as obras de descaracterização da barragem Menezes I, foi considerado que não haverá qualquer aporte de sedimentos para a barragem Menezes II além dos provenientes da área de contribuição natural e da face oeste da PDE Menezes III em condição de fechamento. Para a avaliação desse cenário, foi adotada uma análise conservadora considerando a média ponderada dos atuais aportes de sedimentos às estruturas em função de suas áreas de drenagem.

Os levantamentos batimétricos e as curvas Cota X Volume apresentadas pela VALE apresentaram algumas limitações devido à falta de informações, como a ausência de dados anteriores a julho de 2020 para uma avaliação de período mais extenso. Além disso, apenas uma das três curvas cota x volume apresentadas para a barragem Menezes II contempla todo o volume disponível para retenção de sedimentos, o que limita a precisão da estimativa das taxas de aporte de sedimentos para essa estrutura.

Para comparação das taxas de sedimentação estimadas, foram considerados valores médios teóricos indicados por Pinheiro (2011) para estruturas de mineração. Para áreas de mineração, o valor de contribuição específica de sedimentos variou entre 300 m³/ha.ano e 600 m³/ha.ano, conforme o EPA (1976). No Brasil, tem sido adotado o limite superior dessa faixa para cálculo da contribuição de sedimentos em áreas de mineração. Para áreas de vegetação natural, foi utilizado o valor de 30 m³/ha.ano, conforme adotado no projeto conceitual de descaracterização da barragem Menezes I.



Cálculo da taxa de aportes de sedimentos

Para a barragem Menezes I, foram calculadas as taxas de aporte de sedimentos para diferentes períodos, levando em consideração a área de drenagem da barragem de 98,6 ha. A Figura 5-38 apresenta a comparação do histórico de curvas da estrutura em questão.

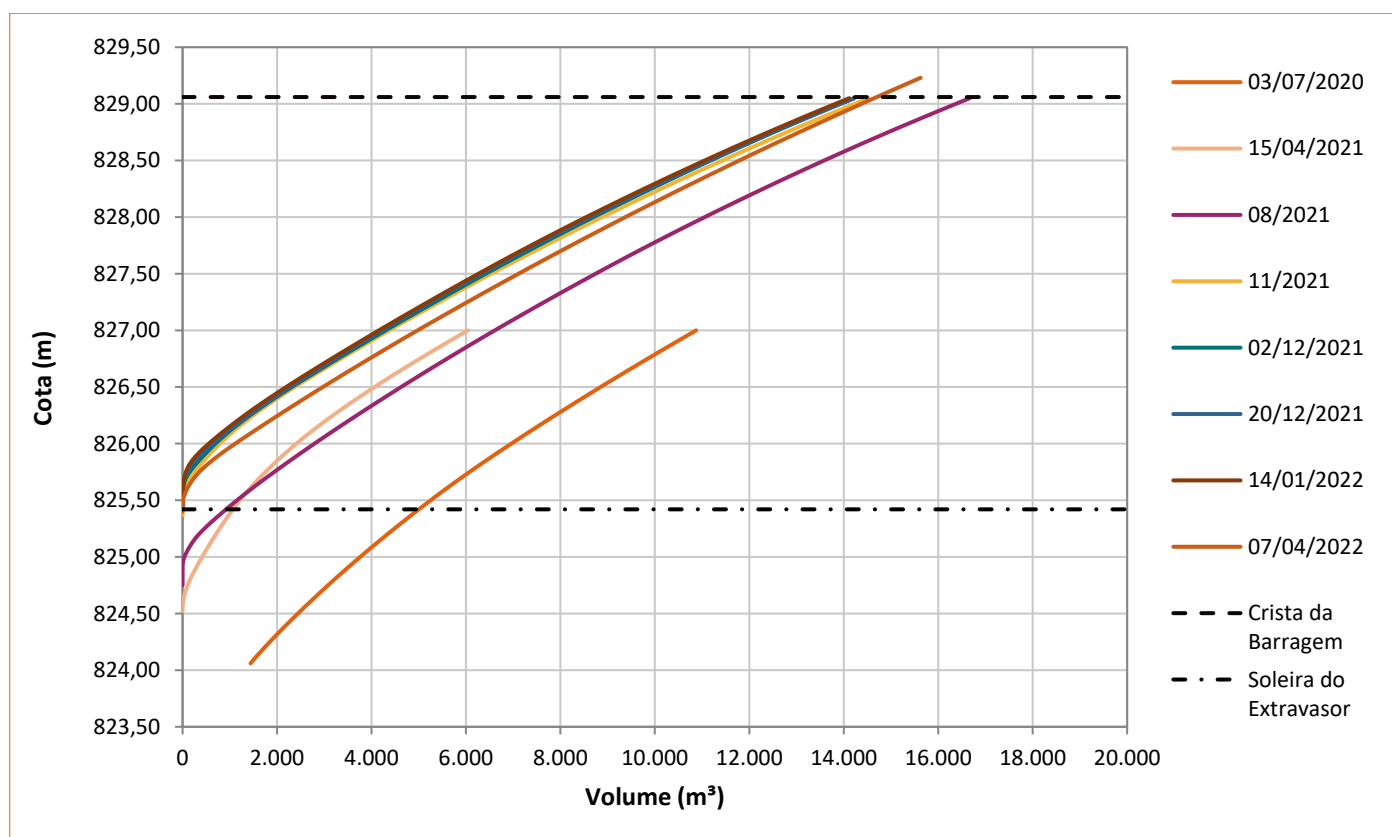


Figura 5-38 - Comparação das Curvas Cota x Volume do Reservatório da barragem Menezes I.

O valor máximo de taxa de aporte de sedimentos registrado foi de 66,76 m³/ha.ano entre agosto e novembro de 2021, devido à ruptura do Canal Oeste da PDE Menezes III. Após as erosões generalizadas causadas por chuvas intensas em janeiro de 2022, houve uma redução na taxa de aporte de sedimentos. Foi considerada a taxa de aporte de sedimentos esperada em condições normais, que é de 46,05 m³/ha.ano.

Para o cenário futuro, considerando o fechamento da PDE Menezes III, é esperado uma diminuição na produção de sedimentos na bacia. No entanto, o estudo adotou uma abordagem conservadora em relação ao aporte de sedimentos.

Além disso, foram avaliadas as contribuições específicas de sedimentos para as áreas de vegetação natural e para a área da pilha de estéril. Para a vegetação natural, foi adotada a taxa média de 30 m³/ha.ano, e para a pilha de estéril, foi considerado o valor de 300 m³/ha.ano. Fazendo uma média ponderada dessas taxas, chegou-se a uma taxa teórica de aporte de sedimentos de 159,80 m³/ha.ano.



Os estudos sedimentológicos da barragem Menezes II reportaram os cálculos das taxas de aporte de sedimentos para diferentes períodos, considerando as sub-bacias SB3 e SB4 como áreas de drenagem que contribuem para o aporte de sedimentos à barragem Menezes II. A taxa máxima de aporte de sedimentos registrada foi de 437,15 m³/ha.ano, entre novembro de 2021 e abril de 2022, devido à ruptura do Canal Oeste da PDE Menezes III e às erosões ocorridas em janeiro de 2022. A Figura 5-39 apresenta a comparação do histórico de curvas da estrutura em questão.

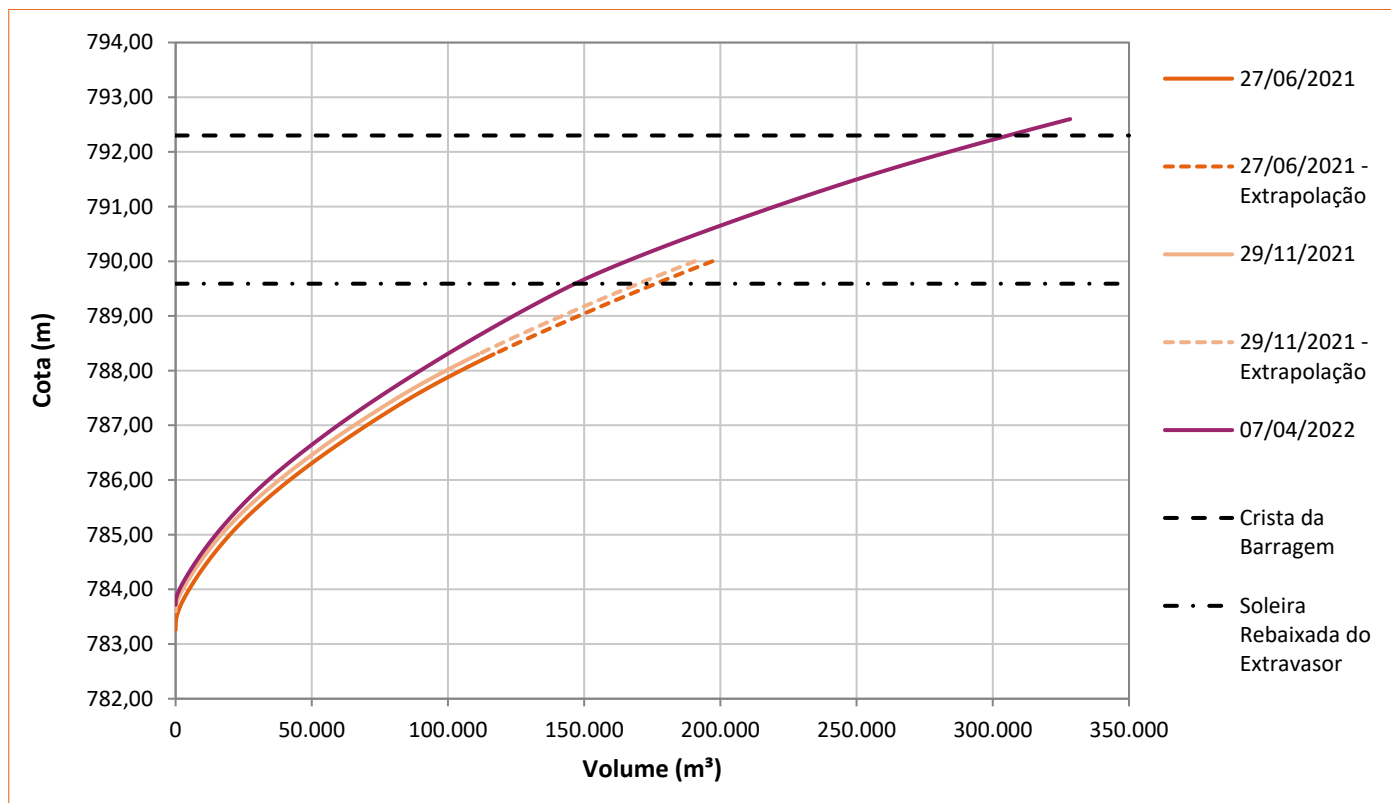


Figura 5-39 - Comparação das Curvas Cota x Volume do Reservatório da Barragem Menezes II.

Os levantamentos de junho e novembro de 2021 representam de forma mais fidedigna o fundo do reservatório em comparação com o cadastramento de abril de 2022. A curva de abril de 2022 subestima parcialmente o volume do reservatório.

Comparando as taxas de aporte de sedimentos entre as barragens Menezes I e Menezes II, os valores mais próximos ocorreram entre agosto e novembro de 2021, indicando que a contribuição excedente da barragem Menezes I foi direcionada para a barragem Menezes II durante esse período. Portanto, de maneira conservadora, para um cenário atual da bacia da barragem Menezes II, foram obtidas taxas teóricas de aporte de sedimentos de 158,52 m³/ha.ano considerando as áreas de vegetação natural e da pilha de estéril.

Estimativa da vida útil da barragem Menezes II

Foram realizados cálculos para estimar a vida útil da barragem Menezes II considerando quatro diferentes condições de aporte de sedimentos: taxa média, taxa máxima, taxa teórica e taxa esperada em condições normais. Para o cenário futuro, após a descaracterização da barragem Menezes I, foram utilizadas as taxas calculadas pela média ponderada dos valores encontrados nas duas barragens.



Considerando o cenário atual da barragem Menezes II, a vida útil estimada varia de aproximadamente 2 meses a 9 anos e 8 meses, dependendo da taxa de aporte de sedimentos considerada. Para o cenário futuro, a vida útil estimada varia de 1 ano e 11 meses a 7 anos e 5 meses, novamente dependendo da taxa de aporte de sedimentos.

É importante destacar que o estudo está sujeito a incertezas devido ao curto período de dados disponíveis e à necessidade de extrapolação das curvas cota x volume do reservatório. Além disso, eventos atípicos, como a ruptura do Canal Oeste da PDE Menezes III e as erosões generalizadas, podem influenciar as taxas de aporte de sedimentos, indicando valores superiores aos esperados em condições normais.

Considerações

Em síntese, a vida útil estimada da barragem Menezes II varia de acordo com as taxas de aporte de sedimentos consideradas e a condição da barragem. O monitoramento contínuo é essencial para atualizar essas estimativas e avaliar o impacto real do processo de sedimentação no reservatório, entretanto os resultados do estudo sobre o impacto hidrológico, hidráulico e sedimentológico a jusante da barragem Menezes I (Head5, 2022 - RL-1850JJ-G-31061 - Anexo I - Volume I) apontam que a capacidade de amortecimento de cheias da barragem Menezes I é pequena, reduzindo as vazões defluentes de pico em até 28%. Por outro lado, a barragem Menezes II tem uma capacidade considerável de reduzir as vazões defluentes, especialmente para chuvas de curta duração.

No cenário futuro, após a descaracterização da barragem Menezes I, as vazões afluentes à barragem Menezes II aumentam de 3% a 19%, dependendo do tipo de chuva e umidade do solo. No entanto, esse aumento tem um impacto limitado nas vazões defluentes da barragem Menezes II, com um aumento máximo de 4,7% para chuvas extremas.

A vida útil estimada do reservatório da barragem Menezes II varia de 2 anos e 1 mês a 9 anos e 8 meses, dependendo da taxa de aporte de sedimentos e da condição da barragem. A descaracterização da barragem Menezes I pode reduzir essa vida útil em até 2 anos e 3 meses devido ao impacto sedimentológico.



5.2 Fase de Implantação

A Área Diretamente Afetada (ADA) pela descaracterização da barragem Menezes I inclui o reservatório e a estrutura do maciço, onde será construído um novo canal de drenagem.

As principais atividades para a implantação incluem o esgotamento do reservatório, a demolição de estruturas existentes e a implantação de um sistema de drenagem superficial com revestimento das superfícies. Ressalta-se que estudos consideraram que, no momento da implantação, a drenagem do topo da pilha PDE Menezes III já terá sido desviada para o reservatório da barragem subsequente, Menezes II. Neste sentido, foram feitas reavaliações dos estudos hidrológicos-hidráulicos desta barragem levando em consideração a sua vida útil e as condições futuras, demonstrando que a capacidade da barragem Menezes II é adequada para receber o influxo proveniente da barragem Menezes I (RL-1850JJ-G-31061 - Anexo I - Volume I).

A seguir são apresentados os serviços previstos para a obra englobando etapas construtivas, áreas de disposição dos materiais removidos, canteiro de obras, mão de obra e mobilização de recursos necessários para a execução das obras, conforme discriminados na sequência.

5.2.1 Atividades Construtivas da Obra de Descaracterização

Foram previstas as seguintes atividades construtivas para o processo de descaracterização da barragem Menezes I:

- Supressão da vegetação;
- Limpeza do terreno;
- Adequação do acesso existente;
- Esgotamento do reservatório;
- Limpeza e/ou escavação dos sedimentos;
- Demolição e remoção do extravasor;
- Execução do sistema de drenagem, e
- Revestimento e plano de instrumentação.

A Figura 5-40 ilustra, esquematicamente o conjunto das atividades, conforme descrito a seguir.

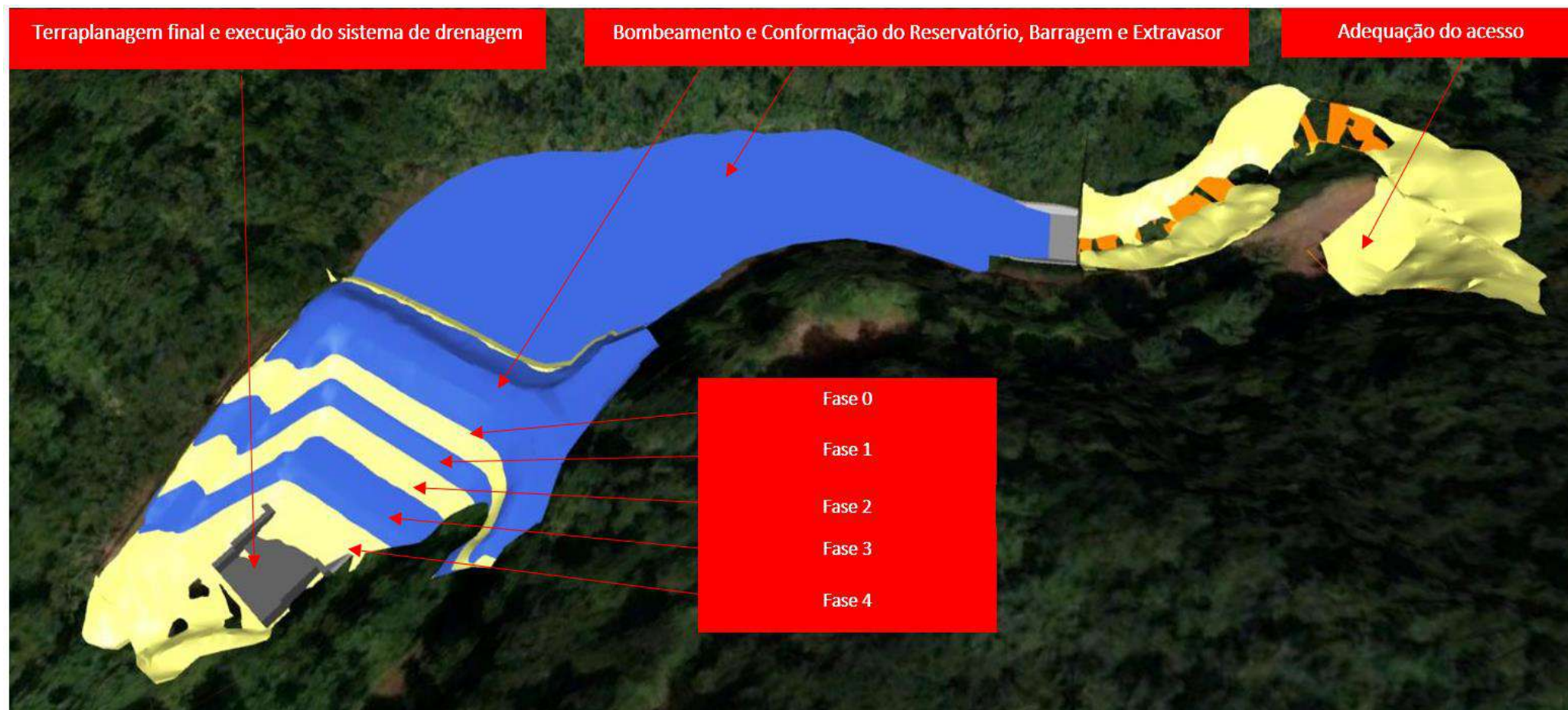


Figura 5-40 - Sequência construtiva do processo de descaracterização da Barragem Menezes I (Head5, 2023)



5.2.1.1 Supressão da vegetação

Dado início as mobilizações já com as devidas licenças, prevê-se a remoção de vegetação no local de execução da obra. A ADA do projeto possui 2,02 ha, sendo predominantemente composta por classes de origem antrópica. Desse total, estão previstas supressão vegetal em 0,92 ha de Floresta Estacional Semidecidual (FESD) em estágio médio de regeneração e o corte de árvores isoladas em 0,09 ha de área antropizada (Tabela 5-7 e Figura 5-41). A supressão de vegetação necessária para o projeto enquadra-se, de acordo com a Deliberação Normativa Copam nº 217/2017, no código H-01-01-1.

Tabela 5-7 - Classes de Cobertura Vegetal e Uso do Solo presente na ADA do Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I

Classes de usos	Dentro de APP	Fora de APP	Total Geral
Acessos/solo exposto	0,15	0,04	0,19
Área antropizada com árvores isoladas	0,08	0,01	0,09
Espelho d'água da barragem Menezes I	0,00	0,44	0,44
FESD em estágio médio de regeneração	0,60	0,32	0,92
Maciço da barragem Menezes I	0,00	0,38	0,38
Total Geral	0,83	1,19	2,02



C:\Users\victor.brandao\ARCADIS\ARCADIS_GIS - Documentos\2_Projetos\VALE\01_08_01_50905_Vale_Brumadinho_Barragens\2_PROJETO\Menezes\PIA\PIA.aprx Alterado por:victor.brandao Em:12/06/2023

Figura 5-41 - Mapa de uso e cobertura vegetal da área do Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I.
Elaboração: Arcadis, 2023.



5.2.1.2 Limpeza de Terreno

A obra de Barragem Menezes I requer uma série de atividades para preparar o terreno antes da construção efetiva. Uma dessas etapas é a limpeza de terreno, que envolve a remoção de materiais não consolidados na região.

Para realizar a limpeza de fundação, será necessário escavar, carregar e transportar o material não consolidado para uma área de depósito designada. Em seguida, será feita a descarga e o espalhamento de uma camada de solo superficial sobre a área de depósito. De acordo o projeto, a quantidade estimada para essa atividade é de 20.198,00 m².

5.2.1.3 Adequação do acesso existente

Em paralelo a supressão da vegetação local, será realizada a adequação do acesso existente para viabilizar a logística e o tráfego, principalmente de equipamentos, conforme Figura 5-42 e Figura 5-43. As principais diretrizes do projeto de adequação do acesso envolvem:

- Preservar e garantir a continuidade do acesso já existente, realizando as devidas melhorias e ajustes necessários.
- Executar terraplanagem do terreno, incluindo nivelamento e preparação adequada para o revestimento. O revestimento será aplicado para garantir uma superfície adequada para o tráfego, proporcionando segurança e conforto aos usuários.
- O acesso será planejado e implementado por montante das obras, de forma a minimizar impactos e interferências durante a readequação.

Durante a readequação do acesso, serão implementados controles adequados para a contenção de sedimentos. Além dos caimentos transversais de 2% especificados para os bordos do acesso, também será executada uma drenagem provisória. Essa medida tem como objetivo garantir o escoamento disciplinado das águas pluviais, bem como manter a trafegabilidade do acesso provisório no projeto detalhado.

Os caimentos transversais de 2% nos bordos do acesso são projetados para direcionar o escoamento da água de forma adequada, minimizando o acúmulo de sedimentos e evitando problemas como encharcamento e erosão. Essa inclinação ajuda a manter a estabilidade do acesso durante o período de readequação. Além disso, a drenagem provisória será implementada como uma medida adicional para assegurar o manejo eficiente das águas pluviais. Essa drenagem terá como objetivo controlar o escoamento das águas, garantindo que sejam direcionadas de forma disciplinada e controlada para áreas adequadas de coleta ou drenagem, evitando a formação de poças e o arraste de sedimentos ao longo do acesso.

É importante ressaltar que o projeto detalhado contemplará os elementos necessários para a implementação da drenagem provisória de forma eficaz. Isso incluirá a análise criteriosa do terreno, a definição de pontos de coleta e a utilização de dispositivos apropriados, como canaletas, sarjetas ou drenos, para assegurar o fluxo adequado das águas pluviais.

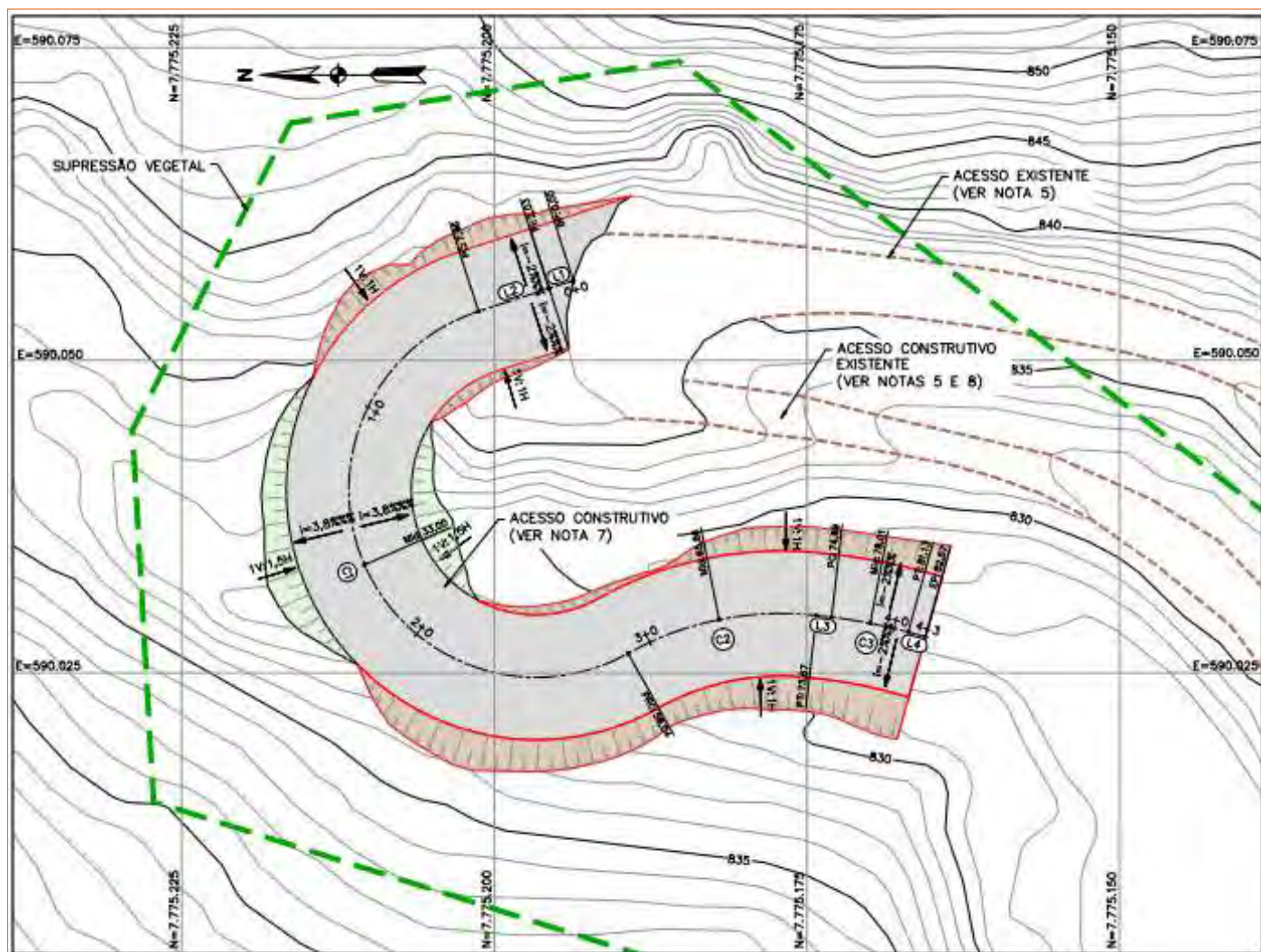


Figura 5-42 - Acesso Construtivo - Planta (Fonte: 1850JJ-X-31343 - BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA)

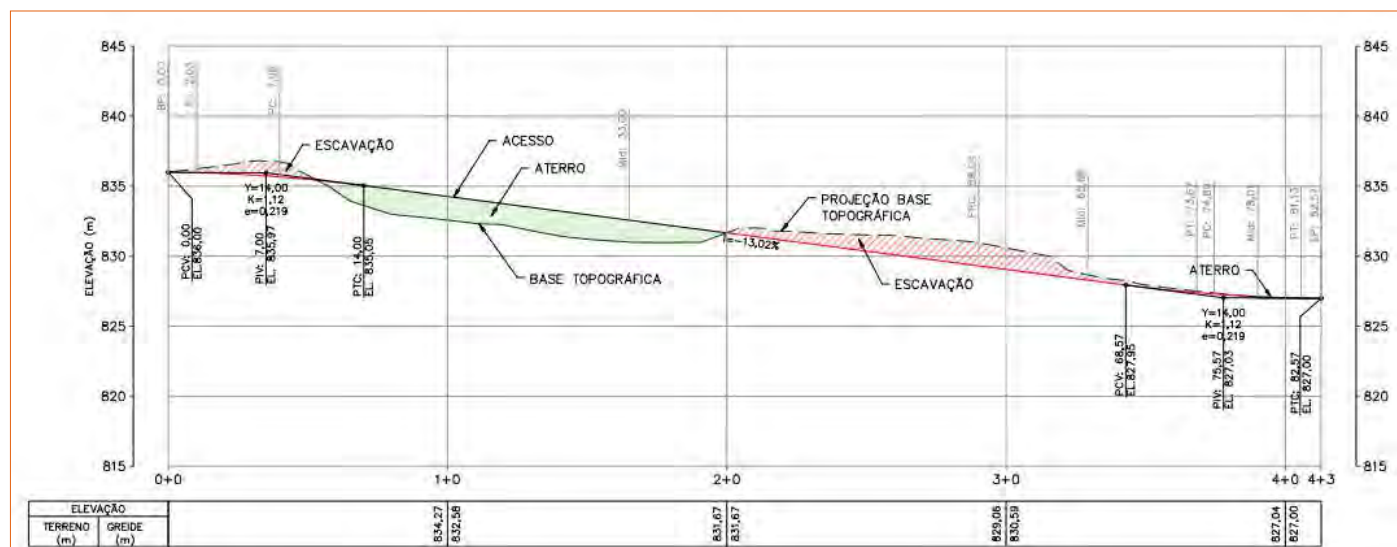


Figura 5-43 - Acesso Construtivo - Perfil longitudinal (Fonte: 1850JJ-X-31343 - BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA)



5.2.1.4 Esgotamento do reservatório

O esgotamento do reservatório da barragem será realizado através da construção de ensecadeiras a montante, que terão elevações apropriadas para proteger as obras de níveis d'água associados a tempos de retorno menores.

O método exato utilizado para o esgotamento da água no reservatório poderá envolver o uso de ensecadeiras, bombeamento ou outras técnicas adequadas para drenagem. O volume exato desses materiais será, também, definido no projeto básico, onde serão detalhados quantidades e locais de disposição, entretanto, tem-se como premissa que a disposição dos materiais removidos será feita em áreas previamente antropizadas e utilizadas no plano de reparações da Mina do Córrego do Feijão.

O projeto básico fornecerá informações detalhadas sobre o desvio provisório do curso d'água, incluindo o local e o método utilizado para redirecionar o fluxo. Também apresentará soluções técnicas e estruturais para garantir a manutenção adequada da vazão a jusante do barramento, caso não seja necessário realizar o desvio. Por fim, fornecerá detalhes sobre a configuração do canal central e como a água será direcionada para garantir um fluxo controlado e seguro após a remoção do extravasor.

Neste contexto, deve-se ressaltar que o sistema de drenagem provisório será, predominante, dentro da área do reservatório e extravasor existente.

5.2.1.5 Limpeza e/ou escavação dos sedimentos

As obras de remoção do sedimento do reservatório se farão até a El. 824,00. Em conjunto com a remoção do aterro da barragem, até a El. 825,00 m, deverá ser feito o rebaixamento dos instrumentos de crista, com a finalidade de dar continuidade as leituras de monitoramento. Inicialmente será feita a remoção dos sedimentos do reservatório e do aterro da barragem, para as cotas previstas nas análises de estabilidade, a saber:

- A. Escavar os sedimentos do reservatório até a El. 821,00 m;
- B. Remover o aterro da barragem até a El. 822,00 m;
- C. Escavar os sedimentos do reservatório até a El. 818,00 m;
- D. Remover o aterro da barragem até a El. 819,00 m;
- E. Escavar os sedimentos do reservatório até a El. 815,00 m;
- F. Remover o aterro da barragem até a El. 815,00 m;

Os desenhos 1850JJ-X-31337 (Anexo XII - Volume I) e 1850JJ-X-31338 (Anexo XIII - Volume I) apresentam o projeto de escavação até a El. 815,00m, conforme indicado nas figuras a seguir. No caso de material de 1ª categoria para acessos construtivos, será necessário um total de 628,00 m³. Esse material será utilizado para a devida construção e nivelamento das áreas designadas. A compactação do aterro será realizada a 100% do Proctor Normal, garantindo a estabilidade e a resistência adequadas. Serão compactados 390,00 m³ de aterro nesse processo.



Além disso, no aterro da barragem, serão manuseados 14.557,00 m³ de material, enquanto na escavação do terreno natural serão manuseados 9.099,00 m³. Outra etapa importante é a escavação do Sedimento do Reservatório, onde serão manuseados 14.850,00 m³ desse tipo de material.

Todas essas atividades terraplenagem serão realizadas de acordo com as normas e diretrizes estabelecidas no projeto. A correta execução desses serviços é essencial para garantir a qualidade e a segurança das obras, bem como para o cumprimento dos objetivos estabelecidos.

Tabela 5-8 - Serviços em Terra / Terraplenagem

Estrutura	Escavação (m³)	Compactação (m³)
Acessos construtivos	628,00	390,00
Terreno natural	9.099,00	-
Aterro da barragem	14.557,00	-
Sedimento do Reservatório	14.850,00	-
Total	39.134,00	-

Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA, 2021 (PQ-1850JJ-X-31120 - Anexo IV - Volume I)

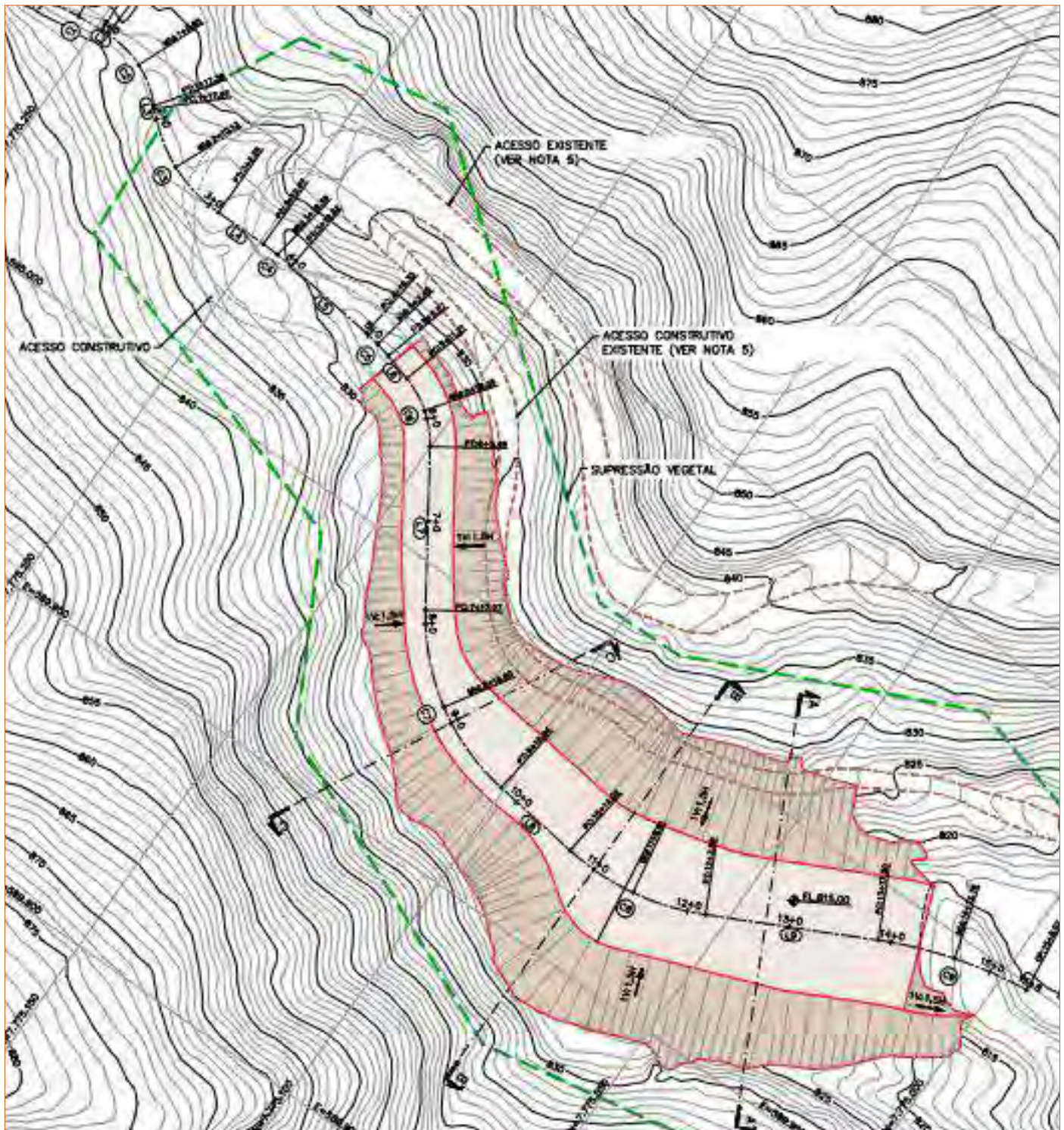


Figura 5-44 - Arranjo Geral - Planta (Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA, 2021 (1850JJ-X-31337 - Anexo XII - Volume I)

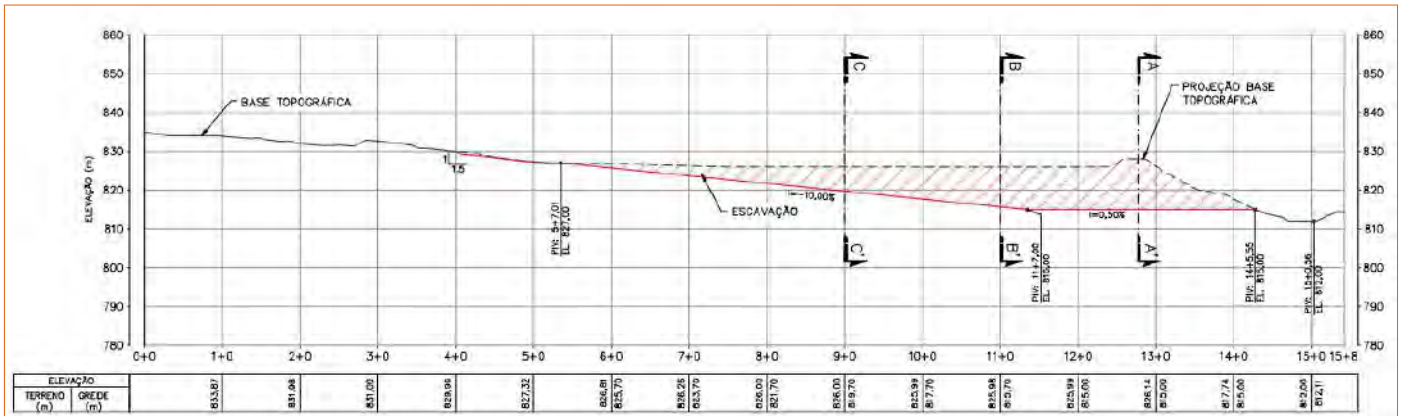


Figura 5-45 - Arranjo Geral - Perfil Longitudinal. Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA(1850JJ-X-31338 - Anexo XIII - Volume I)

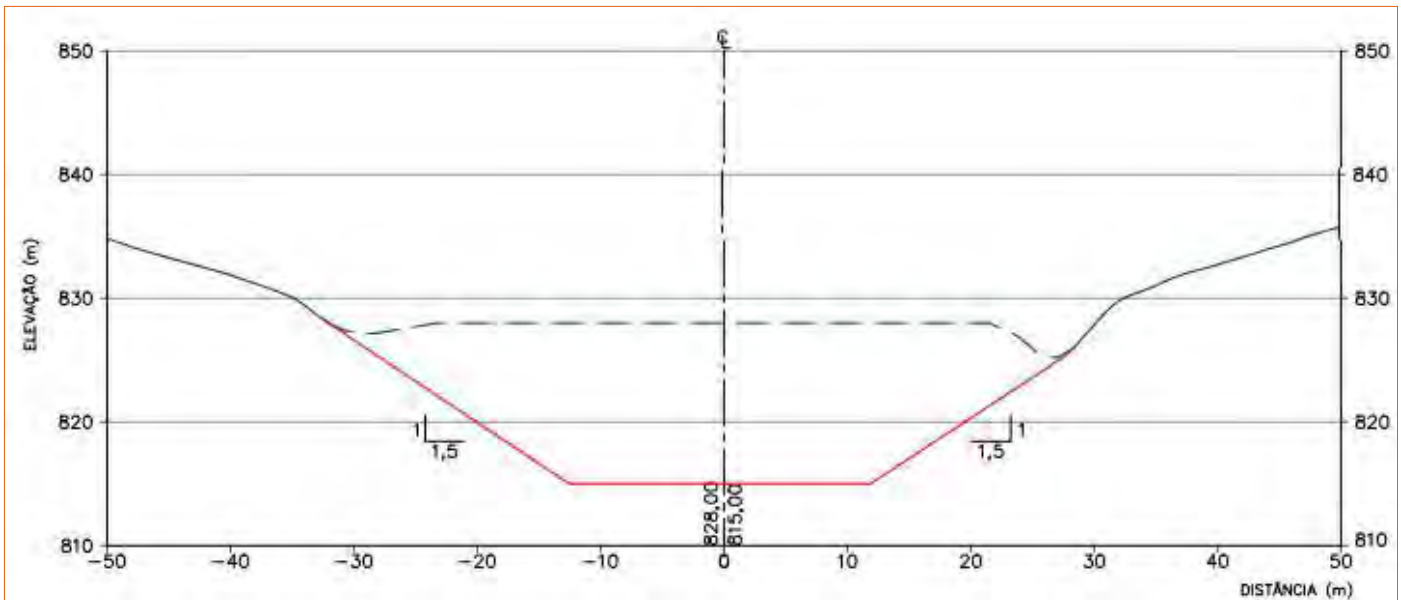


Figura 5-46 - Arranjo Geral - Seção A (passa pela crista da barragem). Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA(1850JJ-X-31338 - Anexo XIII - Volume I)

Após a remoção dos sedimentos será executada a demolição e remoção do extravasor em concreto na ombreira direita. O volume removido, de aproximadamente 5 m³, será destinado para locais apropriados, indicados pela geotecnia operacional da Vale. Entretanto, tem-se como premissa a utilização de áreas já antropizada e utilizadas para disposição de resíduos de construção civil na Mina do Córrego do Feijão.

5.2.1.6 Execução do sistema de drenagem provisória

Durante as obras de descaracterização da barragem Menezes I, avalia-se que não será necessário implementar dispositivos adicionais para a contenção de sedimentos. Isso ocorre devido ao dimensionamento dos canais provisórios e do extravasor de cada etapa de rebaixamento, que foram projetados levando em consideração a velocidade admissível do material de revestimento.



No caso dos canais provisórios, que são escavados no próprio sedimento do reservatório, a cheia de projeto adotada corresponde à chuva média do período úmido na localidade da bacia, com duração de 30 dias, conforme definido nos critérios do projeto. Embora seja reconhecido um potencial de erosão nos canais em caso de chuvas intensas, esse fator não representa risco à segurança da Barragem, uma vez que o extravasor está dimensionado para lidar com a cheia resultante do evento de Precipitação Máxima Provável (PMP) e possui revestimento de concreto projetado.

Quanto à afluência de sedimentos proveniente da bacia de contribuição da Barragem Menezes I, destaca-se que a sequência das obras de descaracterização prevê o rebaixamento de montante para jusante. Com essa abordagem, um degrau será formado no reservatório, com um desnível de aproximadamente 2 metros, correspondente à altura a ser rebaixada em cada etapa construtiva. Avalia-se que uma parte considerável do sedimento ficará retida no trecho já rebaixado do reservatório da Barragem Menezes I, sendo removida posteriormente com a camada seguinte a ser rebaixada, enquanto o material proveniente da escavação será direcionado ao bota-fora.

É importante ressaltar que a descaracterização da barragem Menezes I está condicionada à conclusão das obras de redirecionamento das drenagens da PDE Menezes III. Durante e após as obras de descaracterização, é premissa que não haverá nenhum aporte de sedimentos além dos provenientes da área de contribuição natural e da face oeste da PDE Menezes III, que estará fechada e revegetada, sem receber qualquer aporte da PDE Menezes III, conforme estabelecido nos critérios do projeto.

Com base nessas premissas e diretrizes do projeto, avalia-se que não será necessário adotar medidas adicionais para contenção de sedimentos durante as obras de descaracterização da Barragem Menezes I, devido ao dimensionamento adequado dos canais provisórios, do extravasor e à estratégia de rebaixamento sequencial adotada.

5.2.1.7 Execução do sistema de drenagem/canal definitivo

Após a conclusão das etapas anteriores, dará início à execução do sistema de drenagem ou canal definitivo conforme proposto. Foi buscada uma solução que promovesse uma melhor integração ambiental das estruturas a serem implantadas com as áreas circundantes. Inicialmente, será feita a implantação da transição com o uso de geotêxtil sobre a seção escavada.

A seção longitudinal do canal de drenagem proposto é ilustrada na Figura 6.43, que pode ser encontrada no desenho 1850JJ-X-31340 (Anexo XV- Volume I). Essa seção foi cuidadosamente projetada levando em consideração a análise geológico-geotécnica e o desempenho hidráulico, conforme detalhado nos estudos do item 6.1.1. O arranjo da drenagem superficial é mostrado na Figura 6.44, nos desenhos 1850JJ-X-31339 (Anexo XI - Volume I) e 1850JJ-X-31340 (Anexo XV- Volume I). Consiste em um canal natural revestido com enrocamento de diâmetros variáveis. O canal percorre uma elevação de aproximadamente 18 m, iniciando na cota 830,00 m e terminando na cota 812,00 m. A seção típica do canal varia ao longo do seu curso devido às diferentes declividades encontradas.



Figura 5-47 - Perfil longitudinal do canal de drenagem desenvolvido. Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA (1850JJ-X-31340 - Anexo XV- Volume I)

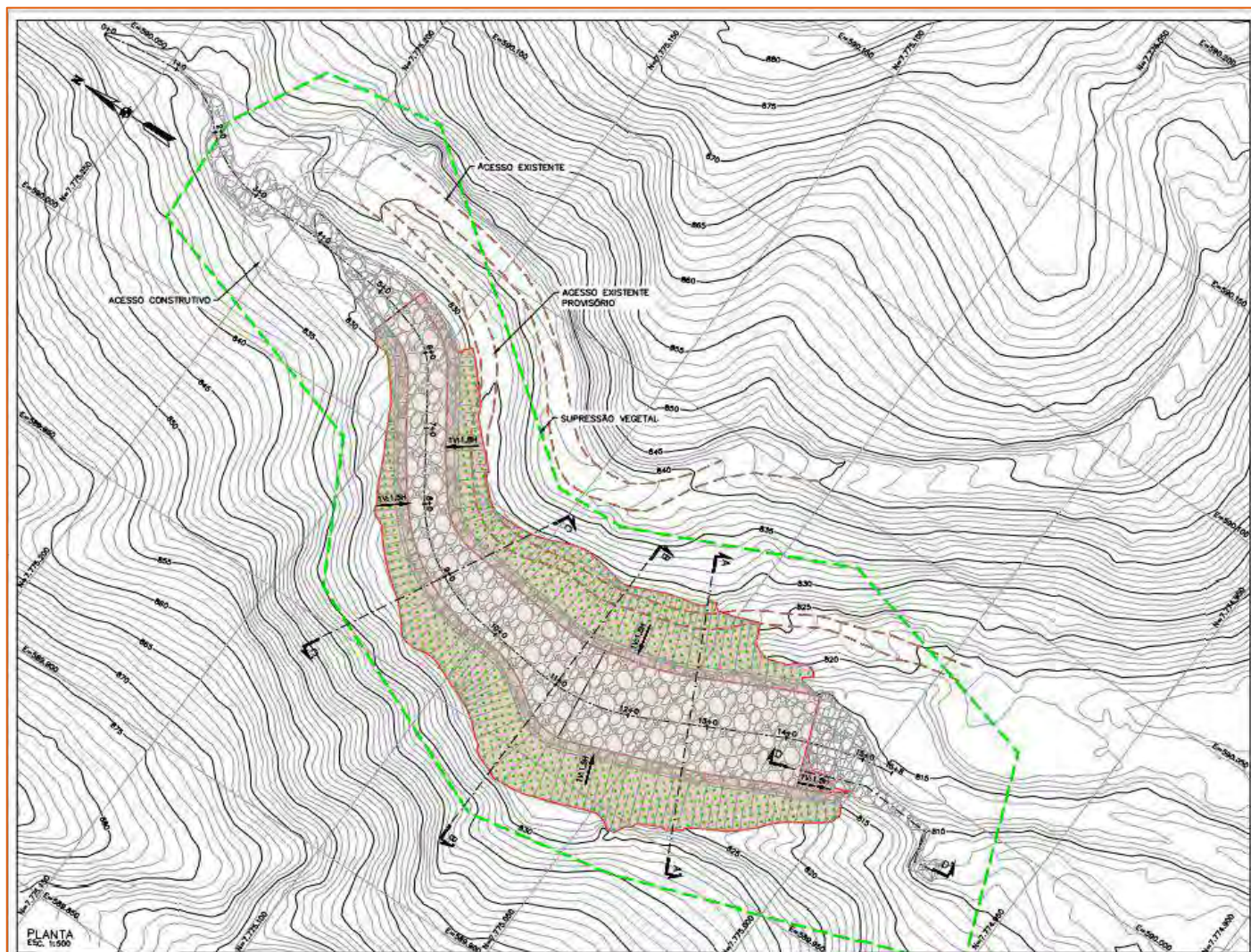


Figura 5-48 - Arranjo do canal de drenagem. Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA(1850JJ-X-31339 - Anexo XI - Volume I))



O dimensionamento do canal foi realizado considerando uma vazão com tempo de retorno de 10.000 anos, com valor de 20,6 m³/s. Os diâmetros do revestimento foram escolhidos de forma a facilitar sua implantação durante a obra, mantendo-se relativamente constantes ao longo do canal. As declividades foram estabelecidas visando preservar a integridade e a configuração da estrutura de drenagem, incluindo a transição com o uso de geotêxtil na seção escavada (solo e blocos). As dimensões das seções típicas foram determinadas para melhorar as condições geotécnicas de estabilidade, adotando-se uma inclinação lateral de 1,5H:1V e uma espessura mínima de revestimento de 1,5 m. Diante desses critérios, o canal de drenagem proposto será construído em diferentes trechos.

No trecho inicial, entre as estacas 1+0 e 5+0, ele será revestido por blocos, formando apenas o leito do talvegue para favorecer a transição hidráulica do fluxo da calha natural para a nova condição do canal. No trecho seguinte, entre as estacas 5+0 e 8+0, o canal será escavado, com uma declividade de 10%, seção trapezoidal e revestimento de blocos com diâmetro de 0,6 m. Esse trecho terá uma lâmina d'água de 0,53 m e uma velocidade média de 3,64 m/s.

O trecho subsequente, entre as estacas 8+0 e 9+0, será uma transição com expansão da base do canal de 10 m para 14 m. A declividade será de 10%, com uma seção trapezoidal e revestimento de blocos de 0,6 m de diâmetro. Nesse trecho, a lâmina d'água diminuirá para 0,43 m e a velocidade média será de 3,46 m/s.

Os trechos subsequentes do canal, entre as estacas 9+0 e 11+0, 11+0 e 12+0, e 12+0 e 14+5,55, seguirão as mesmas características do trecho anterior, com variações nas dimensões da base e lâmina d'água. Esses trechos terão lâminas d'água de 0,43 m, 0,31 m e 0,31 m, respectivamente, e velocidades médias de 3,27 m/s, 3,12 m/s e 2,79 m/s.

O trecho entre as estacas 14+5,55 e 15+0,56 será desenvolvido em degraus, com uma declividade de 20%. Serão calculados quatro degraus de 25 m de largura, com taludes laterais inclinados em 1,5H:1V. Esse trecho terá uma lâmina d'água de 0,41 m e uma velocidade média de 5,1 m/s.

Após a estaca 15+0,56, será implantada uma bacia de dissipação calculada no SisCCoH, com características específicas, incluindo um comprimento mínimo de 10 m, velocidade de saída de 1,37 m/s e energia dissipada de 0,04 m. A bacia será revestida por blocos com diâmetro de 0,7 m, garantindo a dissipação adequada da energia da água. Após a bacia de dissipação, o leito da calha natural será conformado com blocos até a elevação 810,0 m, proporcionando melhores condições hidráulicas para jusante. A Figura 5-49 a seguir simula a configuração do canal definitivo.

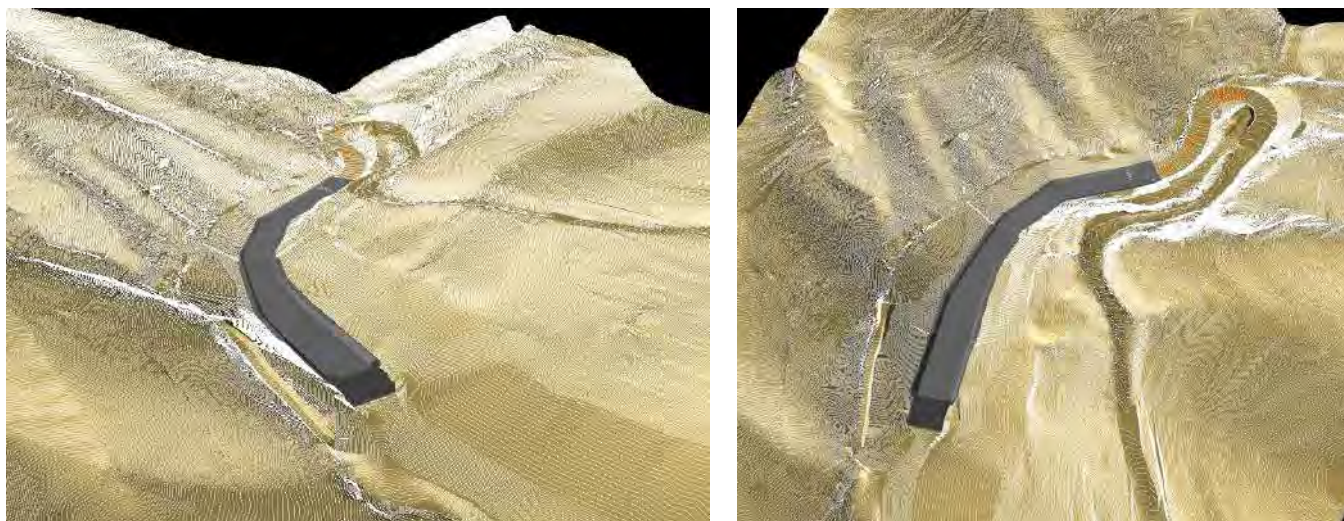


Figura 5-49 - Ilustração do canal definitivo (Fonte: Head5, 2023)

Todo projeto do canal de drenagem será revisado na fase de projeto básico, após o recebimento dos levantamentos de campo, solucionando os pontos a serem otimizados identificados no projeto conceitual. O perfil abaixo apresenta as configurações hidráulicas ao longo do canal dimensionado, tais como fundo do canal, linha d'água e energia.

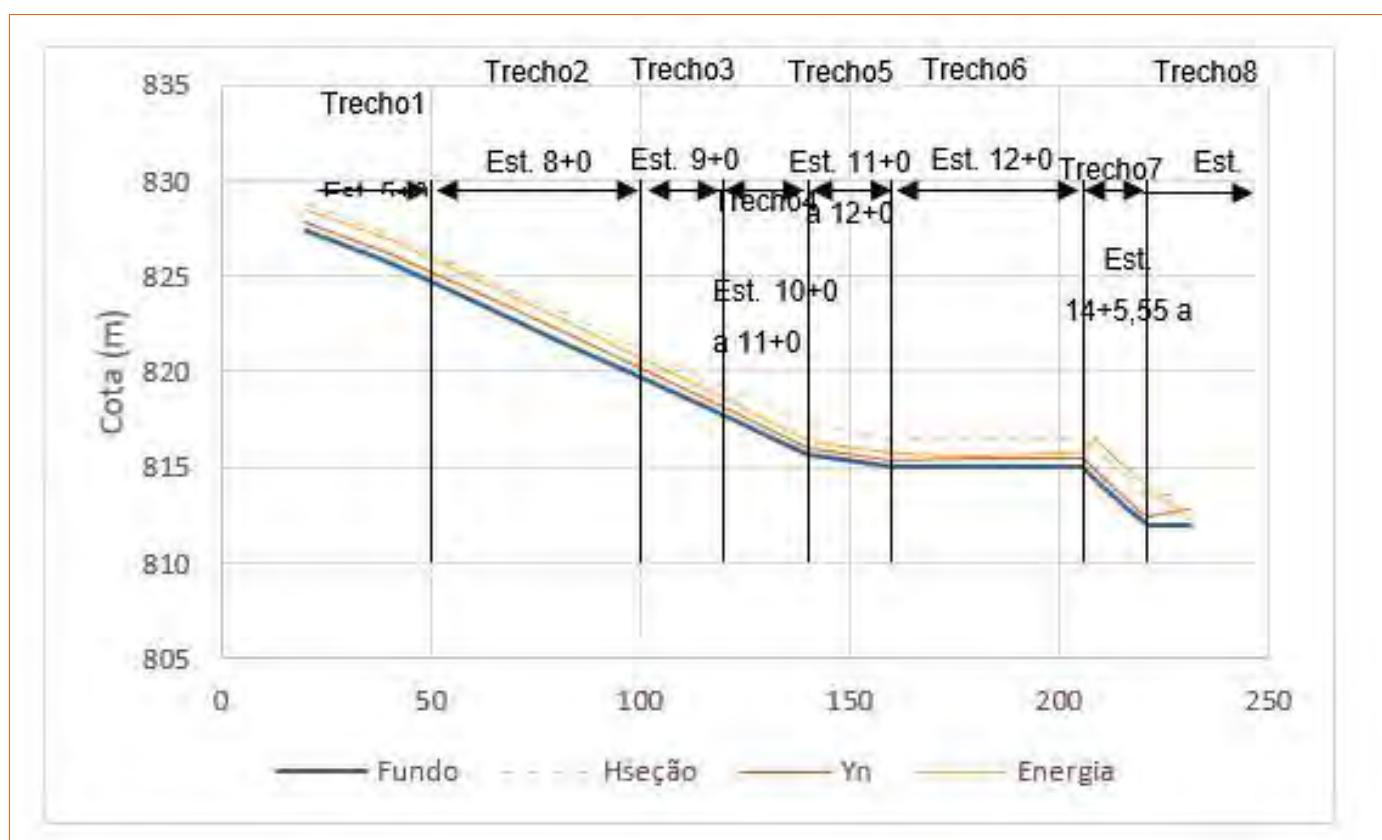


Figura 5-50 - Perfil dos resultados dos dimensionamentos

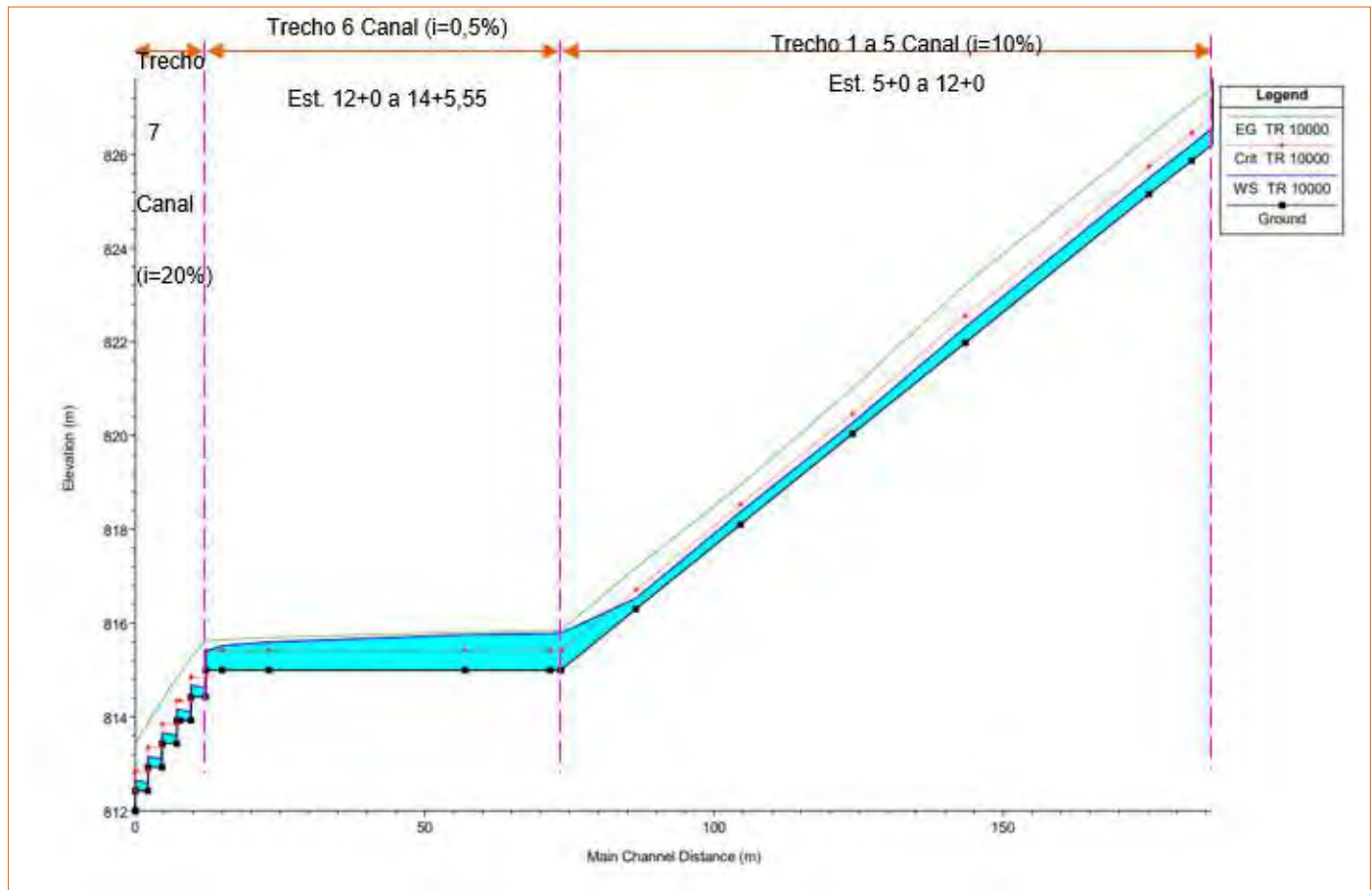


Figura 5-51 - Perfil da linha de água no canal de drenagem, para a vazão defluente máxima com TR 10.000 anos.



Tabela 5-9 - Resumo dos dimensionamentos hidráulicos

Dispositivo de drenagem	Trechos	Estacas	Q prj	Material	Tipo	y	y'	B	H	L	Transição		Patamar	Espelho	i	D50	e(2*D50)	v
			m³/s			m	m	m	m	m			m	m/m	m	m	m	m/s
Talvegue Natural	inicial	1+0 a 5+0	Conformação do leito do talvegue a partir de revestimento em blocos, para favorecimento hidráulico da transição do fluxo da calha natural para a nova condição de calha.															
Canal	1	5+0 a 8+0	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,53	-	10	1,5	-	-	-	-	-	0,1	0,6	1,2	3,64
			20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,53	-	10	1,5	-	-	-	-	0,1	0,6	1,2	3,64	
			20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,53	-	10	1,5	-	-	-	-	0,1	0,6	1,2	3,64	
	2	8+0 a 9+0	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,43	-	-	1,5	-	expansão	4/1	-	-	0,1	0,6	1,2	3,64
	3	9+0 a 10+0	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,43	-	14	1,5	-	-	-	-	0,1	0,6	1,2	3,27	
	4	10+0 a 11+0	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,32	-	-	1,5	-	expansão	4/1	-	-	0,1	0,6	1,2	3,27
	5	11+0 a 12+0	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,31	-	23	1,5	-	-	-	-	0,1	0,5	1	2,79	
	6	12+0 a 14+5,55	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,5	-	23	1,5	-	-	-	-	0,005	0,5	1	2,79	
			20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,5	-	23	1,5	-	-	-	-	0,005	0,5	1	1,74	
	7	14+5,55 a 15+0,56	20,6	Gabião	Trapezoidal	-	0,41	25	1,5	-	-	-	2,5	0,5	-	-	-	5,1
Bacia	8	15+0,56 +	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,6	-	25	1	10	-	-	-	-	0,005	0,7	-	1,37

Fonte: BVP GEOTECNICA & HIDROTECNIA, 2021.



5.2.1.8 Revestimento e Plano de instrumentação

Após a construção da drenagem serão executados os revestimentos pré-definidos para cada trecho do canal e seguindo as especificações técnicas para cada material. Por fim será feito o tratamento dos taludes escavados com proteção vegetal, acima das seções laterais do canal e onde houver necessidade, bem como a instrumentação dos taludes para monitoramento.

5.2.2 Canteiro de Obras

Deve-se destacar que as áreas destinadas aos canteiros de obras serão provisórias, utilizadas durante as obras e estão associadas, comumente, às áreas já antropizadas ou já utilizadas em outros projetos, especificamente os canteiros utilizados para as Obras Emergenciais em andamento na Mina Córrego do Feijão.

5.2.3 Disposição dos materiais removidos

Conforme supracitado, todo material excedente proveniente das atividades construtivas das obras de descaracterização será disposto em áreas já antropizadas e utilizadas para as Obras Emergenciais em andamento na Mina do Córrego do Feijão. A área a ser indicada pela VALE deverá suportar o volume total de 38.505 m³.

5.2.4 Materiais e Insumos de Obra

Os insumos necessários para a obra serão: cimento, aditivos, agregados miúdos e graúdo, peças pré-moldadas em concreto, argamassa, pedra de mão, grama em placa para replantio, maquinário para escavação veículos e combustível, água potável, água industrial (água nova), energia elétrica, aço, areia, brita, pedra de mão, óleo diesel e grama.

Ao longo da execução das obras, os insumos poderão sofrer variações, conforme o andamento. Caso haja necessidade de estoque de materiais, estes serão estocados nas áreas previstas no processo da LOC das Obras Emergenciais na Mina Córrego do Feijão. No caso dos fornecedores locais as entregas serão parciais visando a utilização de menor área ocupada com estocagem no site.

Seguem alguns quantitativos já estimados:

- Arame zincado recoberto de PVC - Ø 0,65m: 413m³
- Pedra de mão jogada: 2.221,00m³
- Manta geotêxtil: 1.367,00m²
- Revestimento vegetal: 3.845,00m²



5.2.5 Equipamentos e veículos

Em relação aos equipamentos e máquinas na fase de obras, serão utilizados basicamente escavadeiras hidráulicas, trator de esteira, motoniveladora, caminhão-pipa, caminhão basculante, moto scraper, caminhão basculante, caminhão *munck*, carregadeira, acabadora, rolo de pneu, rolo chapa, caminhão betoneira com sistema de bombeamento, gruas, dentre outros. Ressalta-se que atividades de abastecimento de combustível e pequenas manutenções dos equipamentos e máquinas serão realizados fora da Mina Córrego do Feijão.

5.2.6 Mão de Obra Temporária para Implantação

As atividades de implantação estão previstas para ocorrer no prazo de aproximadamente 09 meses, e apresentarão um quadro funcional dinâmico e variável, sendo o efetivo esperado uma média de 15 trabalhadores de mão de obra direta e indireta, que deverão ser mobilizados por empresas especializadas, as quais serão contratadas pela Vale.

O processo de recrutamento, seleção e contratação de mão de obra será conduzido pelas empresas contratadas, enquanto a Vale acompanhará a conformidade com suas políticas e diretrizes. Será dada preferência à contratação de mão de obra local, com a possibilidade de aproveitar empresas e profissionais já envolvidos no plano de recuperação da Mina Córrego do Feijão. Ademais, os trabalhadores ficarão hospedados na região, fortalecendo as conexões com as comunidades locais. Portanto, não haverá alojamento fornecido pela empresa.

5.2.7 Cronograma de Obras

É estimado um prazo de 09 meses para a implantação do empreendimento como um todo, conforme apresentado no cronograma a seguir.

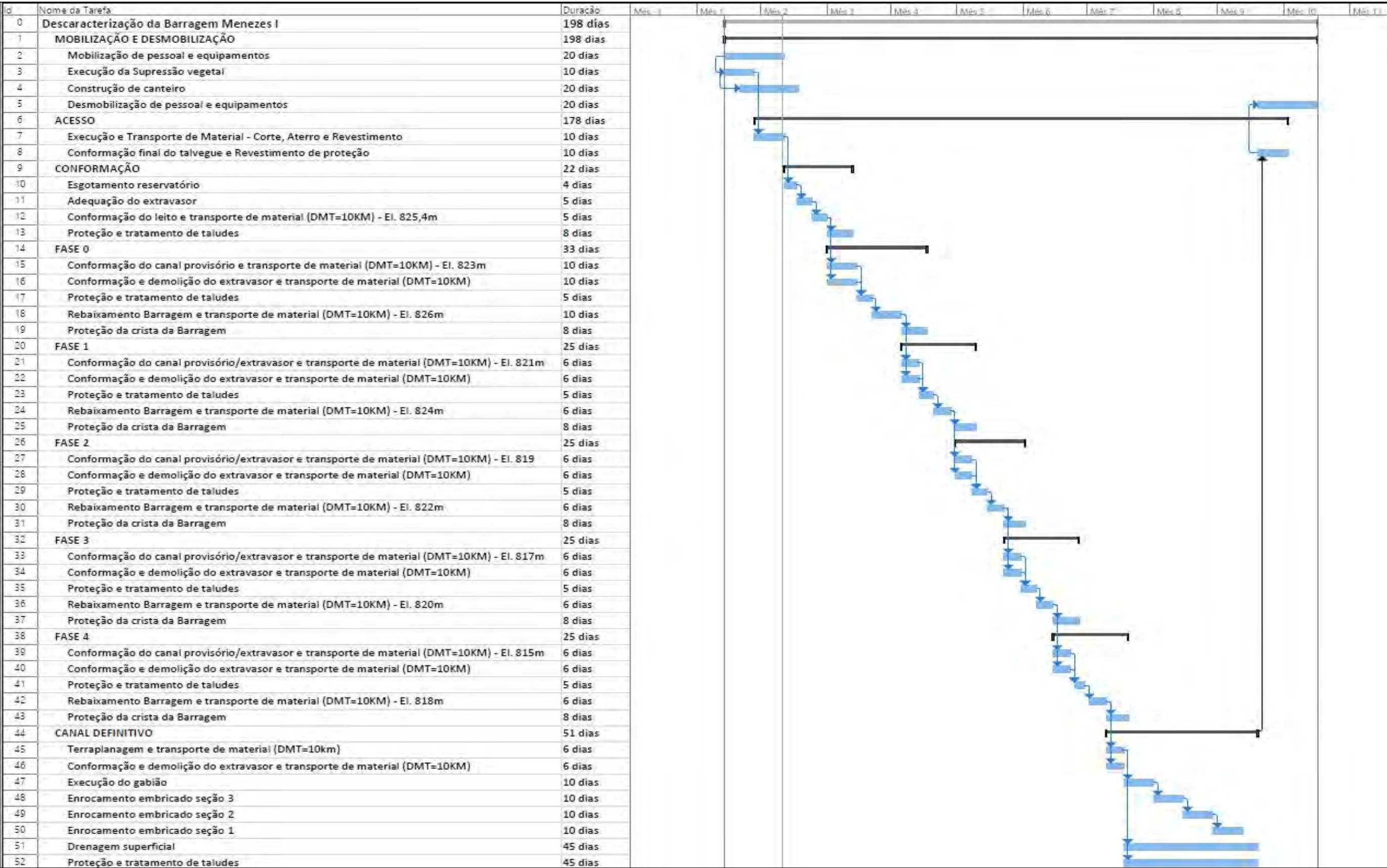


Figura 5-52 - Cronograma das obras de descaracterização da barragem Menezes I.

Fonte: Vale S.A, 2023.



5.3 Fase Pós Descaracterização

5.3.1 Monitoramento e Manutenção

Após o encerramento de todas as atividades de obras ocorrerá o monitoramento mínimo de 2 anos conforme exigência estabelecida pela Agência Nacional de Mineração (ANM) na Norma Reguladora nº 13 (NRM-13) para o monitoramento de barragens após o processo de descaracterização.

Esse monitoramento irá incluir a medição da água e do nível de sedimentos, a inspeção visual da estrutura, a análise de amostras de água e sedimentos, entre outras atividades. Diante disso, está prevista a instalação de 13 instrumentos de medição de nível de água e 6 marcos superficiais conforme localização na Figura 5-53 e detalhado na Figura 5-54. O objetivo é assegurar que a estrutura tenha sido descomissionada de maneira segura e que não haja riscos para a saúde pública ou para o meio ambiente.

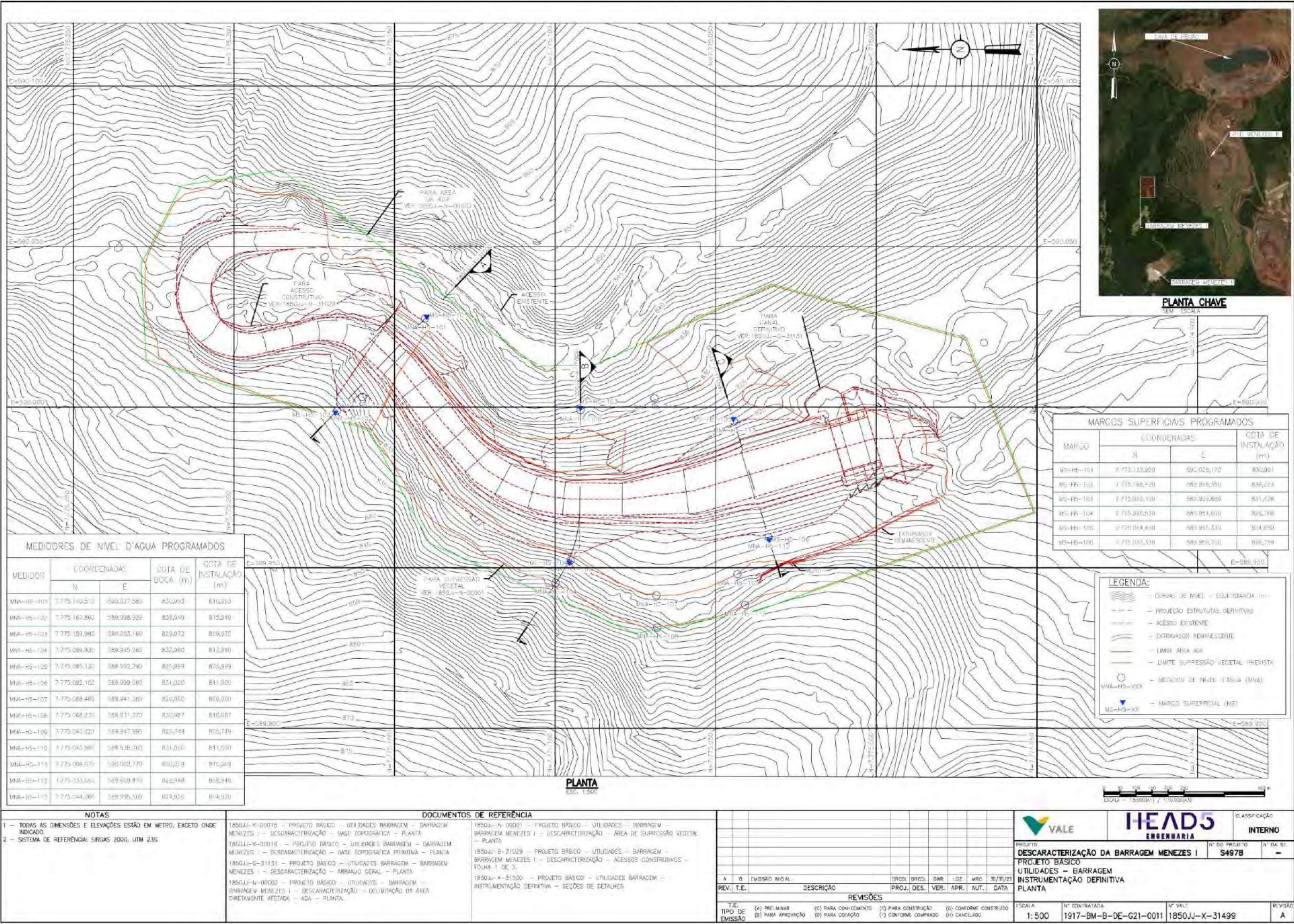


Figura 5-53 - Localização de instrumentação prevista para monitoramento após descaracterização da barragem Menezes I. Fonte: 1850JJ-N-00001 (Head5, 2023).





5.4 Aspectos Ambientais e Controles Ambientais

A seguir são apresentados os principais aspectos ambientais, onde destacam-se as fontes das emissões, efluentes, resíduos, ruídos e vibrações e suas respectivas atividades.

Tabela 5-10 - Principais aspectos ambientais

Geração/Emissão	Fonte de geração/atividades
Efluentes líquidos e sanitários	<u>Canteiro de obras:</u> são previstas geração de efluentes líquidos e sanitários nas frentes de trabalho.
Sedimentos	<u>Exposição do solo:</u> A geração de sedimentos ocorrerá pela ação das águas em áreas onde ocorrerão movimentações de solo decorrentes das atividades associadas ao decapeamento, à adequação de acessos, com a supressão de vegetação e terraplenagem <u>Limpeza e escavação de sedimentos:</u> Durante o processo de escavação e remoção, é provável que os sedimentos sejam agitados e suspensos na água, podendo ser transportados para corpos d'água próximos. <u>Esgotamento do reservatório:</u> Durante o processo de esgotamento, é comum que sedimentos acumulados no fundo do reservatório sejam removidos juntamente com a água, resultando em material sedimentar que pode ser transportado pelo fluxo de água. Esses sedimentos podem ser carreados para cursos d'água a jusante da barragem.
Resíduos sólidos	<u>Canteiro de obras:</u> As atividades de obra no canteiro de obra resultarão na geração de resíduos sólidos de diversos tipos, como exemplo: sucata metálica, entulho misto, plástico, papel e resíduo comum não reciclável. De modo geral serão gerados resíduos das Classe I, Classe IIA e Classe IIB. <u>Demolição e remoção do sistema extravasor:</u> Serão gerados resíduos de construção e demolição (RCD), considerados resíduos da classe A
Resíduos da supressão vegetal	<u>Supressão de vegetação:</u> Resíduos oriundos da supressão vegetal, madeiras (galhas, torete e toras) serão armazenados em local de estocagem temporária
Emissões atmosféricas (material particulado e gases de combustão)	<u>Supressão de vegetação e adequação do acesso:</u> Serão geradas emissões atmosféricas (material particulado) nas frentes de trabalho, durante a supressão de vegetação e exposição do solo às ações dos ventos. <u>Escavação e retirada de sedimentos:</u> Serão geradas emissões atmosféricas (material particulado) nas frentes de trabalho durante a escavação e retirada dos sedimentos das áreas, em função da exposição do solo à ação dos ventos. <u>Tráfego em acessos não pavimentados:</u> Serão geradas emissões atmosféricas (material particulado) em função do trânsito de máquinas e veículos para a execução das várias atividades de implantação do projeto, bem como haverá emissões de gases de combustão e fuligem provenientes dos veículos e equipamentos movidos a diesel. Aqui não deveríamos considerar também a atividade de adequação do acesso?
Ruídos e Vibração	<u>Canteiro de obras:</u> Serão gerados ruídos e vibrações no canteiro de obras, em função do trânsito de pessoas, máquinas e veículos

Fonte: Vale, 2023



Na sequência são apresentados, de forma integrada, os sistemas de controle da qualidade ambiental da etapa de implantação, que visam garantir a conformidade legal dos aspectos ambientais inerentes às atividades dessa etapa.

5.4.1.1 Sistema de controle ambiental para geração de efluentes

Em relação aos efluentes líquidos e sanitários, na fase de implantação do empreendimento serão utilizados banheiros químicos e/ou hidráulicos no canteiro de obra e nas principais frentes de serviço que terão seus efluentes transportados pelas empresas tercerizadas.

Em relação aos efluentes oleosos, é importante destacar que a manutenção dos equipamentos será executada em Oficinas externas localizadas no entorno, e eventuais manutenções corretivas poderão ser executadas in loco tomando os devidos cuidados com a utilização de kit ambiental para a contenção e acondicionamento de qualquer contaminação

5.4.1.2 Sistema de controle ambiental para geração de resíduos

Os resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e provenientes de demolições serão recolhidos em coletores localizados em áreas protegidas das intempéries e em recipientes apropriados. Posteriormente, serão encaminhados ao Central de Materiais Descartáveis (CMD) da Mina Córrego do Feijão (CFJ) para destinação final adequada. Cada empreiteira será responsável pela gestão dos resíduos gerados durante suas atividades. Portanto, cada empreiteira terá a responsabilidade de classificar, coletar, armazenar temporariamente e encaminhar ao CMD, de acordo com a legislação específica e os padrões estabelecidos pela Vale para a gestão de resíduos no complexo minerário. A frequência do transporte pode variar e será avaliada pela equipe de gestão da CMD.

Os resíduos excedentes das atividades de terraplanagem e limpeza do terreno serão destinados para áreas já impactadas na Mina Córrego do Feijão.

Os resíduos resultantes da supressão vegetal, como galhos, toretes e toras de madeira, serão armazenados temporariamente em área a ser definida. A madeira proveniente de árvores de espécies florestais nativas de populações naturais adequadas para serraria ou marcenaria, assim como a madeira de essências exóticas comerciais, poderá ser comercializada por meio de contratos entre a Vale e compradores, ou utilizada nas obras do Projeto, ou para outros fins.

5.4.1.3 Sistema de controle ambiental para emissão atmosférica

As principais fontes de emissões atmosféricas durante a realização das atividades no canteiro de obras são o material particulado em suspensão e os gases resultantes da combustão dos motores dos veículos e equipamentos utilizados, bem como das obras civis, supressão vegetal, terraplanagem, escavação de sedimentos e movimentação de máquinas.

Para minimizar essas emissões, serão adotadas medidas como o uso de caminhões pipas para a aspersão de água nas vias não pavimentadas ao longo de todo o período da obra. A frequência da aspersão será determinada levando em consideração as condições meteorológicas, como a insolação, ventos, umidade do ar e precipitação.



No que diz respeito às emissões provenientes da combustão dos motores de veículos e equipamentos, serão realizadas manutenções preventivas. As atividades de manutenção preventiva dos veículos e equipamentos ocorrerão em oficinas externas ao local do canteiro de obras da Vale.

5.4.1.4 Sistema de controle ambiental para a geração de sedimentos

Os controles ambientais para contenção de geração de sedimentos durante as obras do Projeto podem ser separados e dois grupos:

Obras de descaracterização da barragem Menezes I:

- Controles de engenharia e manejo do terreno:
 - Dimensionamento adequado dos canais provisórios: Os canais provisórios, que são escavados no próprio sedimento do reservatório, são projetados levando em consideração a velocidade admissível do material de revestimento. Isso ajuda a controlar o transporte de sedimentos durante as atividades de escavação e movimentação de materiais.
 - Estratégia de rebaixamento sequencial: A sequência de rebaixamento de montante para jusante cria degraus no reservatório, permitindo que parte dos sedimentos fique retida no trecho já rebaixado. Isso minimiza a quantidade de sedimentos transportados para áreas não rebaixadas.
 - Medidas de controle de erosão: São adotadas medidas para minimizar a erosão do solo, como a utilização de revestimentos adequados, drenagem provisória e caimentos transversais nos bordos do acesso. Essas medidas evitam a formação de sulcos e o arraste de sedimentos.
- Controles operacionais e de manejo de águas pluviais:
 - Implementação de drenagem provisória: São construídos sistemas de drenagem provisória para o manejo adequado das águas pluviais. Isso inclui a instalação de dispositivos como canaletas, sarjetas e drenos para direcionar o fluxo das águas e evitar a formação de poças e o arraste de sedimentos.

Esses controles ambientais visam minimizar a geração de sedimentos durante as obras de descaracterização da barragem Menezes I, garantindo a proteção dos recursos hídricos e a preservação do meio ambiente. A implementação dessas medidas e a adoção de boas práticas operacionais contribuem para um processo de descaracterização sustentável e responsável.

Obras de adequação do acesso existente:

- Controles de engenharia e manejo do terreno:
 - Caimentos transversais de 2% nos bordos do acesso: Essa medida consiste em criar uma inclinação nos bordos do acesso para direcionar o escoamento da água de forma adequada. Esses caimentos ajudam a minimizar o acúmulo de sedimentos, prevenindo problemas como encharcamento e erosão ao longo do acesso.



- Drenagem provisória: Durante a readequação do acesso, será implementada uma drenagem provisória para o manejo eficiente das águas pluviais. Essa drenagem tem como objetivo controlar o escoamento das águas, direcionando-as de forma disciplinada e controlada para áreas apropriadas de coleta ou drenagem. Isso evita a formação de poças e o arraste de sedimentos ao longo do acesso. aletas, sarjetas ou drenos, para garantir o fluxo adequado das águas pluviais.

Com base nas premissas e diretrizes do projeto, conclui-se que os sistemas de controle de sedimentos adotados durante as obras de descaracterização da barragem Menezes I e a adequação do acesso existente são adequados para garantir a minimização dos impactos ambientais relacionados à geração de sedimentos.

O dimensionamento adequado dos canais provisórios, do extravasor e a estratégia de rebaixamento sequencial proporcionam medidas eficazes para conter e controlar os sedimentos. Esses sistemas de controle têm como objetivo evitar problemas como erosão, arraste de sedimentos e acúmulo de água ao longo do acesso. Além disso, a implementação dos caimentos transversais de 2% nos bordos do acesso e a drenagem provisória são medidas adicionais que garantem o manejo eficiente das águas pluviais e o direcionamento adequado do escoamento, evitando o impacto negativo dos sedimentos.

5.4.1.5 Sistema de controle ambiental para a geração de resíduos e vibração

Durante a fase de implantação do projeto, a geração de ruído e vibração ocorrerá principalmente devido às atividades relacionadas à supressão da vegetação, escavações de solo e sedimentos, dragagens, demolições, bem como ao tráfego de equipamentos e veículos nas estradas e acessos. Essas atividades serão realizadas durante o período diurno, seguindo um regime de trabalho de um único turno.

Para controlar e mitigar esses impactos, estão previstas as seguintes medidas: manutenção regular e ajuste adequado de veículos, máquinas e equipamentos; e cumprimento dos limites de velocidade máxima estabelecidos pela Vale.



6 ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

Neste capítulo são abordados os aspectos legais e normativos aplicáveis ao projeto, concentrando na identificação da legislação ambiental aplicável aos impactos ambientais do empreendimento do Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I. Para este fim, foi considerada a divisão político-administrativa da Federação Brasileira em suas três esferas do Poder (Federal, Estadual e Municipal), com as suas competências para edição de normas legais (competência legislativa) e para o licenciamento ambiental (competência executiva), fixadas na Constituição da República de 1988.

Em matéria ambiental, a Constituição da República de 1988 determinou a competência concorrente entre União, Estados e Municípios para legislar sobre as seguintes matérias: florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição (art. 24, VI); proteção ao patrimônio, histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico (art. 24, VII); responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (art. 24, VIII). No âmbito desta competência concorrente cabe à União, o estabelecimento de normas gerais, válidas em todo o território Nacional (art. 24, §1º); aos Estados, o estabelecimento de normas suplementares (art. 24, § 2º); enquanto aos Municípios cabe o estabelecimento de normas que visem atender aos interesses locais (art. 30, I).

Além da competência legislativa, a Constituição da República de 1988 atribuiu aos entes federativos competência executiva comum para proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos (art. 23, III); proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas (art. 23, VI); preservar as florestas, a fauna e a flora (art. 23, VII); registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios (art. 23, XI).

O EIA e o RIMA são documentos exigidos no processo de licenciamento ambiental, que auxiliam na tomada de decisão do órgão responsável em analisar a viabilidade do empreendimento, que neste caso será da equipe técnica da SUPRAM - Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais.

Em Minas Gerais, as atribuições do licenciamento ambiental são exercidas pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), por meio das Câmaras Técnicas Especializadas e por meio das Superintendências Regionais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SUPRAMs) e da Superintendência de Projetos Prioritários (SUPPRI). A Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF) completam os órgãos que integram o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA).



As atividades envolvidas na Descaracterização da Barragem Menezes I não são consideradas passíveis de licenciamento ambiental, conforme Deliberação Normativa Copam nº 217/2017. A barragem não foi construída utilizando o método a montante, o que a exclui da recomendação legal de descaracterização estabelecida pela Resolução nº 32, de 11 de maio de 2020, da Agência Nacional de Mineração (ANM). Entretanto sua segurança é reconhecida pela Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) positiva.

Apesar disso, o projeto prevê a supressão de vegetação nativa em estágio médio de regeneração no Domínio do bioma Mata Atlântica, estando, portanto, sujeito à apresentação de um Estudo Prévio de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), conforme exigências da Lei nº 11.428/2006 (Lei da Mata Atlântica). Essa lei define os critérios para a supressão de vegetação e as obrigações relacionadas à sua compensação ou recuperação. Além desta, a Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal Brasileiro) também tem relevância nesse contexto, já que estabelece as diretrizes gerais para a proteção das florestas e demais formas de vegetação nativa, incluindo regras específicas para a supressão e a recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal.

Com base no Art. 4º da Deliberação Normativa Copam nº 246 de 2022, o projeto foi adicionado à "Listagem H - Outras Atividades" e ao código "*H-01-01-1 - Atividades e empreendimentos não listados ou não enquadrados em outros códigos, com supressão da vegetação primária ou secundária nativa pertencentes ao bioma Mata Atlântica, em estágios médio e/ou avançado de regeneração, sujeita a EIA/RIMA nos termos da Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, exceto árvores isoladas*", conforme estabelecido na Deliberação Normativa Copam nº 217 de 2017.

A Deliberação Normativa Copam nº 246 de 2022 determina em seu § 7º que as atividades e empreendimentos que impliquem em supressão de vegetação nativa primária ou secundária em estágios médio e/ ou avançado de regeneração, pertencente ao bioma Mata Atlântica, enquadradas no código H-01-01-1, deverão se regularizar por meio de LAC-1 (Licenciamento Ambiental Concomitante Monofásico), no qual todas as licenças (licença prévia, de instalação e de operação) são emitidas em uma única etapa.

Na tabela a seguir, é apresentada uma síntese do arcabouço legal vigente aplicável à crimes ambientais, licenciamento ambiental, flora, áreas e biomas especialmente protegidos, barragem e legislação municipal.



Tabela 6-1 - Síntese da legislação aplicável ao processo de licenciamento ambiental do Projeto de Descaracterização da Barragem Menezes I

Tema	Esfera de Atuação	Instrumento Legal	Objeto
MEIO AMBIENTE	Federal	Constituição da República Federativa do Brasil-1988	A Constituição Federal estabelece em seu capítulo relacionado ao meio ambiente, a seguridade do direito de todos “ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”.
CRIMES AMBIENTAIS	Federal	Lei No 9.605 de 12 de fevereiro de 1998	Lei de crimes ambientais - Dispõe: “sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.”
LICENCIAMENTO AMBIENTAL	Federal	Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986	Dispõe sobre as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental - EIA/RIMA.
	Federal	Resolução CONAMA nº 6, de 24 de janeiro de 1986	Aprova os modelos de publicação de licenciamento em quaisquer de suas modalidades, sua renovação e a respectiva concessão e aprova os novos modelos para publicação.
	Federal	Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997	Dispõe: “sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.
	Federal	Resolução CONAMA nº 371, de 05 de abril de 2006	Estabelece diretrizes aos órgãos ambientais para o cálculo, cobrança, aplicação, aprovação e controle de gastos de recursos advindos de compensação ambiental, conforme a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza- SNUC e dá outras providências
	Federal	Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.
	Estadual	Decreto nº 47.383, de 02 de março de 2018	Estabelece normas para licenciamento ambiental, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos
	Estadual	Deliberação Normativa COPAM Nº 213, de 22 de fevereiro de 2017	Regulamenta o disposto no art. 9º, inciso XIV, alínea “a” e no art. 18, § 2º da Lei Complementar Federal nº 140, de 8 de dezembro de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será atribuição dos Municípios
	Estadual	Deliberação Normativa COPAM Nº 217, de 06 de dezembro de 2017	Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais.
	Estadual	Deliberação Normativa COPAM Nº 246, de 26 de maio de 2022	Altera a Deliberação Normativa Copam nº 217, de 6 de dezembro de 2017.
	Estadual	Deliberação Normativa CERH Nº 37, de 04 de junho de 2011	Estabelece procedimentos e normas gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos relativa a atividades minerárias, diretrizes para elaboração do Plano de Utilização da Água - PUA
	Federal	Instrução Normativa ICMBio nº 30, de 19 de setembro de 2012	Estabelecer procedimentos Administrativos e técnicos para a execução de compensação espeleológica de que trata o art. 4º, § 3º, do Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, alterado pelo Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008, para empreendimentos que ocasionem impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto e que não possuam na sua área, conforme análise do órgão licenciador, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho.
	Federal	Instrução Normativa MMA nº 02 de 20 de agosto de 2009	Dispõe: "sobre a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavernas de acordo com o Decreto 6.640/2008."
	Federal	Instrução Normativa MMA Nº 02, de 30 de agosto de 2017	Define a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, conforme previsto no art. 5º do Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990.
	Federal	Instrução Normativa ICMBio nº25 de 12 de abril de 2012.	"Disciplina os procedimentos para a elaboração, aprovação, publicação, implementação, monitoria, avaliação e revisão de planos de ação nacionais para conservação de espécies ameaçadas de extinção ou do patrimônio espeleológico."
	Estadual	Decreto Estadual nº 47.041, de 31 de agosto de 2016	Dispõe sobre os critérios para a compensação e a indenização dos impactos e danos causados em cavidades naturais subterrâneas existentes no território do Estado.
	Federal	Decreto Nº 10.935, de 12 de janeiro de 2022	Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.
	Estadual	Instrução de Serviço SISEMA/MG 08/2017	Procedimentos para análise dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos e de atividades efetiva ou potencialmente causadoras de impactos sobre cavidades naturais subterrâneas



Tema	Esfera de Atuação	Instrumento Legal	Objeto
LICENCIAMENTO AMBIENTAL	Estadual	Orientação SISEMA/MG 05/2017	Procedimentos para a padronização da emissão de Certificados de Licenças Ambientais e Ofícios de Indeferimento dos processos administrativos.
	Estadual	Instrução de Serviço SISEMA 04/2017	Dispõe sobre procedimentos para a análise e acompanhamento de condicionantes de processos de licenciamento ambiental pelos Núcleos de Controle Ambiental - NUCAMs
	Estadual	Instrução de Serviço SISEMA 01/201	Procedimentos para aplicação da Deliberação Normativa COPAM nº 217 de 06 de dezembro de 2017
	Estadual	Instrução de Serviço SISEMA 07/2018	Procedimentos aplicáveis à paralisação da atividade minerária e aos processos administrativos de fechamento de mina
	Federal	Portaria MMA Nº 148, de 07 de junho de 2022	Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção.
	Federal	Portaria MMA Nº 299, de 13 de dezembro de 2022	Institui o Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade - CONSERVA+, que estabelece as estratégias políticas de reconhecimento, avaliação e gestão das espécies nativas em relação ao uso sustentável e aos riscos e ameaças de extinção, com vistas a assegurar a proteção, a conservação e o manejo da diversidade biológica brasileira.
	Federal	Portaria MMA Nº 43, de 31 de janeiro de 2014 (Revogada parcialmente)	Institui o Programa Nacional de Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção - Pró-Espécies, com o objetivo de adotar ações de prevenção, conservação, manejo e gestão, com vistas a minimizar as ameaças e o risco de extinção de espécies. (Revogação parcial Portarias 316/2009 e 162/2016)
	Federal	Portaria ICMBIO Nº 208, de 14 de março de 2018	Atualiza e aprova o Plano de Ação Nacional para a Conservação das Aves da Mata Atlântica PAN Aves da Mata Atlântica, contemplando 104 táxons ameaçados de extinção, estabelecendo seu objetivo geral, objetivos específicos, espécies contempladas, prazo de execução, abrangência e formas de implementação, supervisão e revisão.
	Federal	Portaria ICMBIO Nº 702, de 07 de agosto de 2018	Aprova o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas da Mata Atlântica e da Preguiça-de-Coleira PAN PPMA, contemplando quatorze táxons ameaçados de extinção, estabelecendo seu objetivo geral, objetivos específicos, prazo de execução, abrangência e formas de implementação e supervisão.
	Federal	Portaria MMA Nº 300, de 13 de dezembro de 2022	Reconhece a Lista Nacional de Espécies da Ameaçadas de Extinção.
FLORA	Estadual	Deliberação Normativa COPAM Nº 147, de 30 de abril de 2010	Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais.
	Federal	Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012	Cria o Novo Código Florestal. Dispõe Sobre A Proteção da Vegetação Nativa e Dá Outras Providências.
	Estadual	Lei Nº 20.922, de 16 de outubro de 2013	Dispõe Sobre As Políticas Florestal e de Proteção À Biodiversidade No Estado.
	Estadual	Portaria IEF Nº 27, de 07 de abril de 2017	Estabelece procedimentos para o cumprimento da medida compensatória a que se refere o§ 2º do Art. 75 da Lei Estadual nº. 20.922/2013 e dá outras providências.
	Estadual	Decreto Nº 47.749, de 11 de novembro de 2019	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do Estado de Minas Gerais.
	Estadual	Portaria IEF Nº 172, de 28 de novembro de 2007	Dispõe Sobre As Estimativas Volumétricas de Material Lenhoso Em Processos Autorizativos Em Áreas Onde Houver A Supressão Para O Uso Alternativo do Solo.
	Estadual	Resolução Conjunta SEMAD - IEF Nº 3.102, de 26 de outubro de 2021	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do Estado de Minas Gerais
	Estadual	Resolução Conjunta SEMAD - IEF Nº 3.162, de 20 de julho de 2022	Altera a Resolução Conjunta Semad/IEF nº 3.102, de 26 de outubro de 2021, que dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do Estado de Minas Gerais



Tema	Esfera de Atuação	Instrumento Legal	Objeto
FLORA	Federal	Instrução Normativa MMA Nº 02, de 10 de julho de 2015	Dispõe sobre a supressão de vegetação e a captura, o transporte, o armazenamento, a guarda e manejo de espécimes da fauna, no âmbito do licenciamento ambiental de que trata o art. 10 da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, e a supressão de vegetação em caso de uso alternativo do solo conforme definido pelo inciso VI, do art. 3º, da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que envolvam espécies constantes das Listas Nacionais Oficiais de Espécies da Flora e da Fauna Ameaçadas de Extinção, publicadas por meio das Portarias nos 443, 444 e 445, de 17 de dezembro de 2014.
	Federal	Portaria MMA nº 300, de 13 de dezembro de 2022	Reconhece a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção.
	Estadual	Lei Nº 20.922, de 16 de outubro de 2013	Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado.
	Estadual	Instrução de Serviço SISESMA 02/2022	Procedimentos para o cumprimento do Termo de Acordo Judicial da Mata Atlântica
ÁREAS E BIOMAS ESPECIALMENTE PROTEGIDOS	Federal	Resolução CONAMA Nº 369, de 28 de março de 2006	Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação Em Área de Preservação Permanente-APP.
	Federal	Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012	Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.
	Federal	Instrução Normativa MMA Nº 05, de 08 de setembro de 2009	Dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanentes e da Reserva Legal.
	Federal	Resolução CONAMA Nº 429, de 28 de fevereiro de 2011	Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente - APPs.
	Federal	Resolução CONAMA Nº 302, de 20 de março de 2002	Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.
	Federal	Resolução CONAMA Nº 278, de 24 de maio de 2001	Dispõe sobre o corte e a exploração de espécies ameaçadas de extinção da flora da Mata Atlântica.
	Federal	Portaria MMA Nº 463, de 18 de dezembro de 2018	Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira ou Áreas Prioritárias para a Biodiversidade.
	Federal	Resolução CONAMA Nº 388, de 23 de fevereiro de 2007	Dispõe a convalidação das Resoluções que definem a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica.
	Federal	Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.
	Federal	Resolução CONAMA Nº 388, de 23 de fevereiro de 2007	Dispõe a convalidação das Resoluções que definem a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica.
	Federal	Instrução Normativa IBAMA Nº 09, de 25 de fevereiro de 2019	Estabelece critérios e procedimentos para anuência prévia à supressão de vegetação primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração na área de aplicação da Lei Nº 11.428, de 22-12-2006, bem como para o monitoramento e avaliação do cumprimento das condicionantes técnicas expressas na anuência, nos termos da citada Lei e do Decreto Nº 6.660, de 21-11-2008.
	Federal	Decreto Nº 6.660 de 02 de novembro de 2008	Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica
	Federal	Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.
	Federal	Resolução CONAMA Nº 388, de 23 de fevereiro de 2007	Dispõe a convalidação das Resoluções que definem a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica.
	Federal	Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.



Tema	Esfera de Atuação	Instrumento Legal	Objeto
ÁREAS E BIOMAS ESPECIALMENTE PROTEGIDOS	Federal	Resolução CONAMA Nº 388, de 23 de fevereiro de 2007	Dispõe a convalidação das Resoluções que definem a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica.
	Estadual	Lei Nº 10.883, de 02 de outubro de 1992	Declara de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte, no Estado de Minas Gerais, o Pequizeiro (Caryocar brasiliensis).
	Estadual	Lei Nº 9.743, de 15 de dezembro de 1988	Declara de interesse comum, de preservação permanente e imune de corte o ipê-amarelo.
	Estadual	Lei Nº 13.635, de 12 de julho de 2000	Declara o Buriti de interesse comum e imune a corte. Alterada pela Lei Nº 22.919, de 12-01-2018.
	Estadual	Decreto Nº 47.749, de 11 de novembro de 2019	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do Estado de Minas Gerais.
	Estadual	Portaria IEF Nº 30, de 03 de fevereiro de 2015	Estabelece diretrizes e procedimentos para o cumprimento da compensação ambiental decorrente do corte e da supressão de vegetação nativa pertencente ao bioma Mata Atlântica.
	Federal	Lei Federal nº 9985/2005	O empreendedor fica obrigado a apoiar a implantação e a manutenção de unidade de conservação do Grupo de Proteção Integral.
	Estadual	Decreto Federal nº 45.175/2009	Estabelece a metodologia de gradação dos impactos ambientais e procedimentos para fixação e aplicação da compensação ambiental.
	Estadual	Lei Estadual nº 20.922/2013	Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado
	Estadual	Decreto nº 47.383/2018	Estabelece normas para licenciamento ambiental, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos
	Estadual	Instrução de Serviço SISEMA/MG 02/2017	Compensação pelo corte ou supressão de vegetação primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração no bioma Mata Atlântica
BARRAGEM	Estadual	Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019	Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens.
	Estadual	Resolução Conjunta SEMDA/FEAM nº 2.784, de 21 de março 2019	Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais
	Estadual	Lei nº 23.795, de 15 de janeiro de 2021	Institui a Política Estadual dos Atingidos por Barragens - PEAB.
	Estadual	Decreto nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021	Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, estabelece medidas para aplicação do art. 29 da Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016
	Estadual	Portaria FEAM nº 679, de 06 de maio de 2021	Estabelece procedimento a ser seguido para o cadastro e classificação das barragens submetidas à Política Estadual de Segurança de Barragens - PESB
	Estadual	Portaria FEAM nº 678, de 06 de maio de 2021	Estabelece regras para o credenciamento de auditores para a prestação de serviços de auditoria técnica de segurança de barragens no âmbito da Política Estadual de Segurança de Barragens
	Estadual	Instrução de Serviço SISEMA/MG 02/2018	Dispõe sobre o módulo de barragens do Banco de Declarações Ambientais - BDA, Procedimentos aplicáveis à gestão do banco de declarações ambientais e para o licenciamento ambiental de barragens de contenção de resíduos ou rejeitos da mineração.
	Estadual	Decreto nº 46.993, de 02 de maio de 2016	Institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem



Tema	Esfera de Atuação	Instrumento Legal	Objeto
BARRAGEM	Estadual	Decreto nº 48.078, de 05 de novembro de 2020	Regulamenta os procedimentos para análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência - PAE, estabelecido no art. 9º da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens.
	Estadual	Deliberação Normativa COPAM nº 62, de 17 de dezembro de 2002	Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.
	Estadual	Resolução Conjunta SEMAD/IGAM Nº 2.257, de 31 de dezembro de 2014	Estabelece os procedimentos para o cadastro de barragem, barramento ou reservatório em curso d'água no Estado de Minas Gerais, em observância a Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, e convoca os usuários para o cadastramento.
	Federal	Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010	Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.
	Estadual	Deliberação Copam nº 242, de 10 de março de 2006	
	Federal	Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012	Estabelece Diretrizes Para Implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, Aplicação de Seus Instrumentos e Atuação do Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens.
	Federal	Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho de 2012	Estabelece Critérios Gerais de Classificação de Barragens Por Categoria de Risco, Dano Potencial Associado e Pelo Volume do Reservatório, Em Atendimento Ao Art. 7º da Lei Nº 12.334, de 20-09-2010.
	Federal	Lei nº 2.931, de 07 de novembro de 2012	Estabelece Diretriz Para A Segurança de Barragens e de Depósitos de Rejeitos e Resíduos Minerários e Industriais.
	Federal	Portaria ANA nº 297, de 19 de dezembro de 2014	Dispõe Sobre Procedimentos Internos Para Implementação do Protocolo de Segurança de Barragens Em Caso de Emergência, Para Atendimento À Lei Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010.
	Estadual	Decreto nº 46.993, de 02 de maio de 2016	Institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem
	Federal	Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017	Estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens PNSB.
	Federal	NBR 13028:2017	Especifica os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.
	Federal	Portaria MME nº 21, DE 31 de janeiro de 2019	Determina à Agência Nacional de Mineração - ANM que notifique os empreendedores de barragens de rejeitos de mineração para que informem, em 03 dias corridos, se houve e quais foram as providências adotadas quanto à segurança das Barragens em razão do risco e do dano potencial associado, de que trata a Lei 12.334/10, após o dia 26/01/2019, data do rompimento da Barragem B1 do Complexo da Mina Córrego Feijão, no Município de Brumadinho/MG.
	Estadual	Resolução Conjunta SEMAD nº 2.784, de 21 de março de 2019	Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais
	Estadual	Portaria IMA nº 2.047, DE 31 de março de 2021	Estabelece diretrizes, exigências e ações para a apresentação e aprovação do Plano de Ação de Emergência-PAE, para as barragens abrangidas pela Lei nº 23.291, de 25 de janeiro de 2019, no âmbito das competências do Instituto Mineiro de Agropecuária de Minas Gerais pelo Decreto nº 48.078, de 5 de novembro de 2020, e determina procedimentos a serem adotados pelos responsáveis destas barragens quando estiverem em situação de emergência.
	Estadual	Instrução Técnica CEDEC GMG nº 01, DE 20 de maio de 2021	Elaboração do plano de ação de emergência (PAE)
	Estadual	Resolução Conjunta SEMAD - FEAM - IEF - IGAM nº 3.181, de 11 de novembro de 2022	Estabelece diretrizes para a apresentação do Plano de Ação de Emergência das barragens abrangidas pela Lei nº 23.291, de 25 de janeiro de 2019, no âmbito das competências do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos definidas pelo Decreto nº 48.078, de 5 de novembro de 2020; determina os procedimentos a serem adotados pelos responsáveis destas barragens quando estiverem em situação de emergência e as providências a serem tomadas na hipótese de incidente, acidente ou ruptura



Tema	Esfera de Atuação	Instrumento Legal	Objeto
LEGISLAÇÃO MUNICIPAL	Brumadinho	Lei nº 1715/2009	Dispõe sobre a estrutura organizacional da Administração Direta da Prefeitura Municipal de Brumadinho.
	Brumadinho	Deliberação Normativa CODEMA nº 04/2022	Estabelece os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais passíveis de licenciamento ambiental no município de Brumadinho
	Brumadinho	Lei Complementar nº 44/2005	Dispõe sobre a política municipal de proteção, conservação, preservação, controle e recuperação do meio ambiente e de melhoria da qualidade de vida no Município de Brumadinho .
	Brumadinho	Lei Orgânica nº 90/90	Lei orgânica do município de Brumadinho.
	Brumadinho	Lei nº 2.355, de 22-09-2017	Dispõe sobre o resgate captura e remoção de abelhas silvestres nativas no âmbito do Município de Brumadinho/MG.
	Brumadinho	Lei nº 1.438/2004	Dispõe sobre normas de uso e ocupação do solo no Município de Brumadinho
	Brumadinho	Lei Complementar nº 67/2012	Dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente.
	Brumadinho	Lei Complementar nº 90/2015	Acrescenta e altera dispositivos da Lei Complementar nº 67/2021
	Brumadinho	Lei Complementar nº 52/2006	Plano Diretor do Município de Brumadinho/MG
	Brumadinho	Lei nº 905/97, de 24-03-1997	Cria o Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente - CODEMA

Elaboração: Arcadis, 2023.



7 ÓRGÃOS E ENTIDADES ENVOLVIDOS

De acordo com as características do Projeto, bem com as normas regulamentadoras federais estaduais e municipais, os órgãos a seguir são passíveis de manifestação sobre a implantação e pós-descaracterização Projeto Descaracterização da Barragem Menezes I. Serão apresentadas às instituições a documentação legal determinada e, após conclusão dos referidos órgãos, as manifestações serão reportadas à SUPRAM.

- Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN, conforme Portaria Interministerial nº 60, de 24 de março de 2015;
- Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico - IEPHA -MG, conforme art. 10 da Lei Estadual nº 11.726, de 30 de dezembro de 1994;
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) composta pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) e pelos órgãos: Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM); Instituto Estadual de Florestas (IEF) e Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).



ANEXOS



Anexo I - Relatório Técnico RL-1850JJ-G-31061

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 1/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

[illegible]

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 2/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	OBJETIVO	7
3.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	7
4.0	CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESTRUTURAS	7
5.0	PROJETO CONCEITUAL DE DESCARACTERIZAÇÃO (BVP, 2021)	8
6.0	METODOLOGIA	10
6.1	LEGISLAÇÃO	11
6.2	PREMISSAS GERAIS DO ESTUDO	12
6.3	METODOLOGIA DO ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO	14
6.4	METODOLOGIA DO ESTUDO DE IMPACTO SEDIMENTOLÓGICO	17
6.5	BASE TOPOGRÁFICA	19
7.0	ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I	19
7.1	CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	20
7.2	CURVA DE DESCARGA DAS ESTRUTURAS EXTRAVASORAS	24
7.3	MODELO HIDROLÓGICO	29
7.4	ESTUDO DE TRÂNSITO DE CHEIAS	31
8.0	ESTUDO DE IMPACTO SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I	47
8.1	CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME E MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO DISPONIBILIZADOS	47
8.2	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DO BUEIRO DA CAVA DA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO	49
8.3	OCORRÊNCIAS RELATADAS PARA A BARRAGEM MENEZES I	50
8.4	CÁLCULO DA TAXA DE APORTE DE SEDIMENTOS – BARRAGEM MENEZES I	50
8.5	OCORRÊNCIAS RELATADAS PARA A BARRAGEM MENEZES II	56
8.6	CÁLCULO DA TAXA DE APORTE DE SEDIMENTOS – BARRAGEM MENEZES II	57
8.7	ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL DA BARRAGEM MENEZES II	60
9.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
10.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 3/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

1.0 INTRODUÇÃO

A Head5 Engenharia apresenta neste documento o estudo de impacto hidrológico, hidráulico e sedimentológico a jusante da Barragem Menezes I, em que se encontra a Barragem Menezes II.

A Barragem Menezes I está situada no córrego Olaria, na Mina Córrego do Feijão (Município de Brumadinho, Minas Gerais). Distante cerca de 42 km da cidade de Belo Horizonte, a mina pode ser acessada através da BR-356 e Estrada para Casa Branca. As coordenadas UTM Datum SIRGAS 2000 da Barragem Menezes I são E 589.970/ N 7.775.050. A estrutura foi construída com a finalidade de conter sedimentos advindos de depósitos de estéril, acessos e áreas de lavra.

Ainda na Mina Córrego de Feijão, encontra-se a Barragem Menezes II, a jusante da Barragem Menezes I, e situada no mesmo curso d'água e município desta. As coordenadas UTM Datum SIRGAS 2000 da Barragem Menezes II são E 590.070/ N 7.774.120. Cabe destacar que a estrutura tem como objetivo a contenção de sedimentos provenientes dos acessos e depósitos de estéril situados a montante, de modo a clarificar as águas que aportam até o local da barragem.

As Barragens Menezes I e Menezes II recebem atualmente aporte de sedimentos da PDE Menezes III, a qual foi construída para a disposição dos estéréis provenientes da Mina Córrego do Feijão. Salienta-se, nesse sentido, que as coordenadas UTM Datum SIRGAS 2000 da PDE Menezes III são E 590.850/ N 7.775.480.

O acesso ao complexo onde as barragens estão localizadas se dá pelas estradas BR-356, partindo-se de Belo Horizonte e seguindo-se no sentido Rio de Janeiro até o bairro Jardim Canadá, no qual se acessa a Estrada para Casa Branca, através das avenidas Canadá e Montreal. Seguindo-se por aproximadamente 20 km na estrada, chega-se até à portaria da Mina Córrego do Feijão, localizada à direita da via. As Figuras 1.1 e 1.2 apresentam, respectivamente, a localização das Barragens Menezes I e Menezes II.

O estudo em desenvolvimento visa atender à solicitação dos órgãos competentes de descaracterizar a Barragem Menezes I. Para isso, o projeto visa atender às legislações estaduais e federais. A Resolução nº 95/2022, da Agência Nacional de Mineração (ANM), define barragem de mineração descaracterizada como:

[...] estrutura que não recebe, permanentemente, aporte de rejeitos e/ou sedimentos oriundos de sua atividade fim, a qual deixa de possuir características ou de exercer função de barragem, de acordo com projeto técnico [...] (BRASIL, 2022, Art. 2º, p. 2).

No Parágrafo 3º do Artigo 13 da Lei Ordinária Estadual nº 23.291, de fevereiro de 2019, define-se:

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 4/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Considera-se barragem descaracterizada, para fins do disposto neste artigo, aquela que não opera como estrutura de contenção de sedimentos ou rejeitos, não possuindo características de barragem, sendo destinada a outra finalidade. (MINAS GERAIS, 2019, Art. 13, §3º, p. 6).

Deste modo, fica entendido que a descaracterização da Barragem Menezes I deverá prover modificações e adequações na estrutura visando eliminar as características ou função de barramento, tornando-a ainda geotécnica e hidraulicamente adequada para o longo prazo. Por outro lado, em consequência da descaracterização, são previstos impactos hidrológicos, hidráulicos e sedimentológicos a jusante da estrutura, os quais são objetos de análise do presente estudo.

A descaracterização da Barragem Menezes I é uma solicitação da auditoria do Ministério Público como parte do fechamento progressivo da mina Córrego Feijão. O órgão exige a entrega do Projeto Básico de descaracterização, que se encontra em desenvolvimento pela Head5 Engenharia, até dezembro de 2022.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 5/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

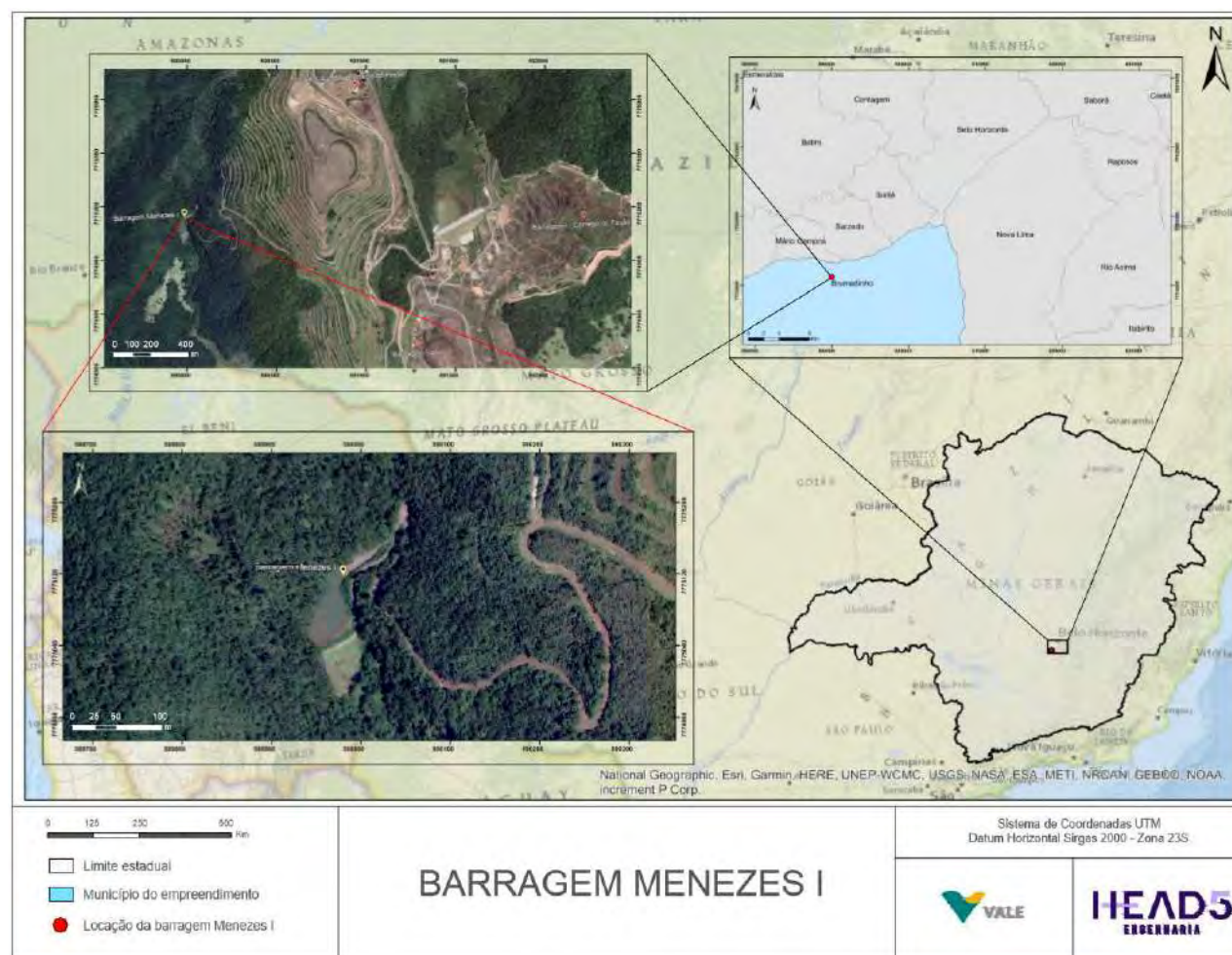


Figura 1.1: Localização da Barragem Menezes I.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 6/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

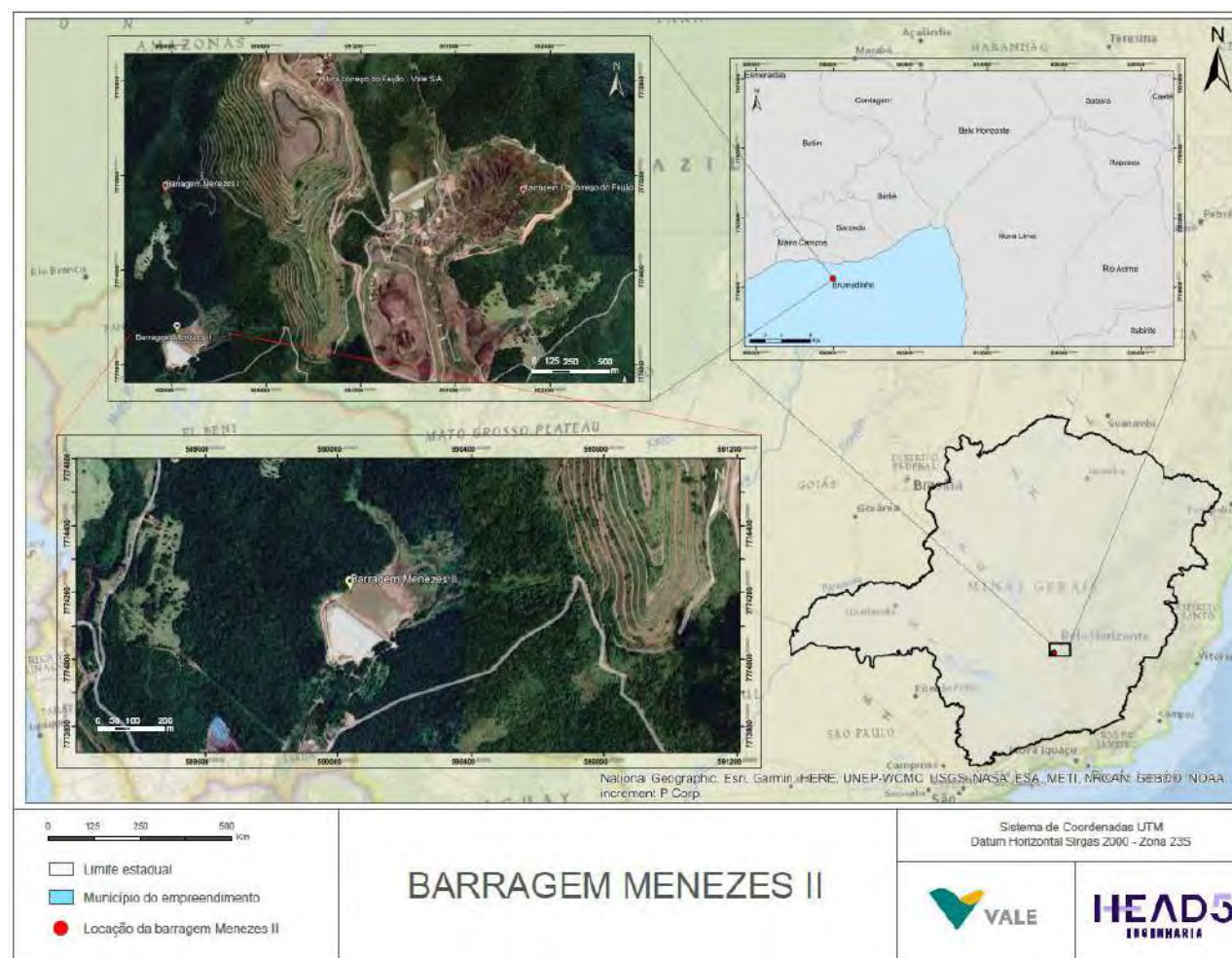


Figura 1.2: Localização da Barragem Menezes II.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 7/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

2.0 OBJETIVO

Este relatório visa apresentar os documentos de referência, a metodologia, o desenvolvimento, os resultados e as considerações finais do estudo de impacto hidrológico, hidráulico e sedimentológico a jusante da Barragem Menezes I, em que se encontra a Barragem Menezes II.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para a elaboração do presente estudo, foram utilizados os documentos de referência listados no relatório de consolidação de dados (RL-1850JJ-G-31058).

4.0 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESTRUTURAS

As características gerais das Barragens Menezes I e Menezes II, de interesse para o presente estudo, são indicadas nas Tabelas 4.1 e 4.2.

Tabela 4.1: Dados Gerais da Barragem Menezes I (Fonte: Adaptada de 1850JJ-V-00005 – Rural Tech, 2022, exceto onde indicado).

DADOS GERAIS – BARRAGEM MENEZES I				
Coordenadas (SIRGAS 2000)	Lat. (m):	7.775.050	Long. (m):	589.970
Finalidade	Contenção de Sedimentos			
Início de Operação	1994			
Curso de Água Barrado	Córrego da Olaria			
Área de Drenagem (km²)	0,986			
Projetista	Projeto Inicial: Geodinâmica/Tecnosolo Adequação de Segurança: Domus			
Volume de Projeto do Reservatório (m³)	30.443 (Conforme RL-1000JJ-G-31429 – THEMAG, 2022)			
Volume Atual do Reservatório até a Soleira do Vertedouro (m³)	0 (Reservatório Assoreado)			
Elevação Atual da Crista do Barramento (m)	829,06 (Conforme arquivo “MDE15cm_MENI_07-04-2022.tif” – Rural Tech, 2022)			
Elevação Atual da Crista da Ombreira Esquerda (m)	828,25 ⁽¹⁾ (Conforme arquivo “MDE15cm_MENI_07-04-2022.tif” – Rural Tech, 2022)			
Comprimento da Crista (m)	50			
Altura Máxima do Barramento	15			
Tipo de Vertedouro	Vertedouro de superfície do tipo soleira livre			
Elevação Atual da Soleira do Vertedouro (m)	825,42 (Conforme arquivo “MDE15cm_MENI_07-04-2022.tif” – Rural Tech, 2022)			
Localização	Ombreira direita			

Nota: (1) Conforme informado pela VALE, está prevista a readequação da crista da Barragem Menezes I durante o mês de junho de 2022 para a El. 829,00 m.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 8/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Tabela 4.2: Dados Gerais da Barragem Menezes II (Adaptada de 1850JJ-V-00014 – RURAL TECH, 2022, exceto onde indicado).

DADOS GERAIS – BARRAGEM MENEZES II				
Coordenadas (SIRGAS 2000)	Lat. (m):	7.774.120	Long. (m):	590.070
Finalidade	Contenção de Sedimentos			
Início de Operação	1996 (Conforme RL-1000JJ-G-31441 – THEMAG, 2022)			
Curso de Água Barrado	Córrego da Olaria			
Área de Drenagem (km²)	2,610			
Projetista	Projeto Inicial: Tecnosolo Adequação de Segurança: SPEC (2004) / BVP (2020)			
Volume de Projeto do Reservatório (m³)	470.198 (Conforme RL-1850JJ-X-31158)			
Volume Atual do Reservatório até a Soleira do Vertedouro (m³)	146.656 (Conforme Tabela CxAXV_MenezesII 20-04-2022)			
Elevação Atual da Crista (m)	792,60			
Comprimento da Crista (m)	230			
Altura Máxima do Barramento	19,25			
Tipo de Vertedouro	Vertedouro de superfície do tipo soleira livre			
Elevação Atual da Soleira do Vertedouro (m)	789,59 (Trecho Rebaixado) 790,42 (Perfil Creager)			
Localização	Ombreira direita			

5.0 PROJETO CONCEITUAL DE DESCARACTERIZAÇÃO (BVP, 2021)

O projeto básico de descaracterização da Barragem Menezes I se encontra em fase de desenvolvimento pela Head5 Engenharia. Diante disso, o presente estudo, referente ao impacto hidrológico, hidráulico e sedimentológico a jusante da estrutura, será efetuado com base no projeto conceitual de descaracterização, de autoria da BVP Engenharia (RL-1850JJ-X-31201 – 2021).

Nesse sentido, cabe salientar que o projeto conceitual sucedeu a realização de um estudo inicial de alternativas, também desenvolvido pela BVP (RL-1850JJ-X-31171 – 2020), em que foram levantadas as vantagens, desvantagens e riscos de cada cenário proposto. A partir da alternativa 1, selecionada pela BVP por meio de fórum de definição de alternativas envolvendo as áreas de interface do projeto, a etapa de projeto conceitual foi desenvolvida prevendo a substituição do maciço da Barragem Menezes I por um canal de drenagem em enrocamento, de inclinação longitudinal variável, e com taludes laterais 1V:1,5H. O arranjo geral, o perfil longitudinal e a seção transversal do canal são apresentados nas Figuras 5.1 a 5.3, respectivamente.

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 9/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Destaca-se ainda que no trecho final do canal foi prevista uma descida em degraus feita de gabião, com o objetivo de dissipar a energia do escoamento. O detalhe da descida em degraus é ilustrado na Figura 5.4.

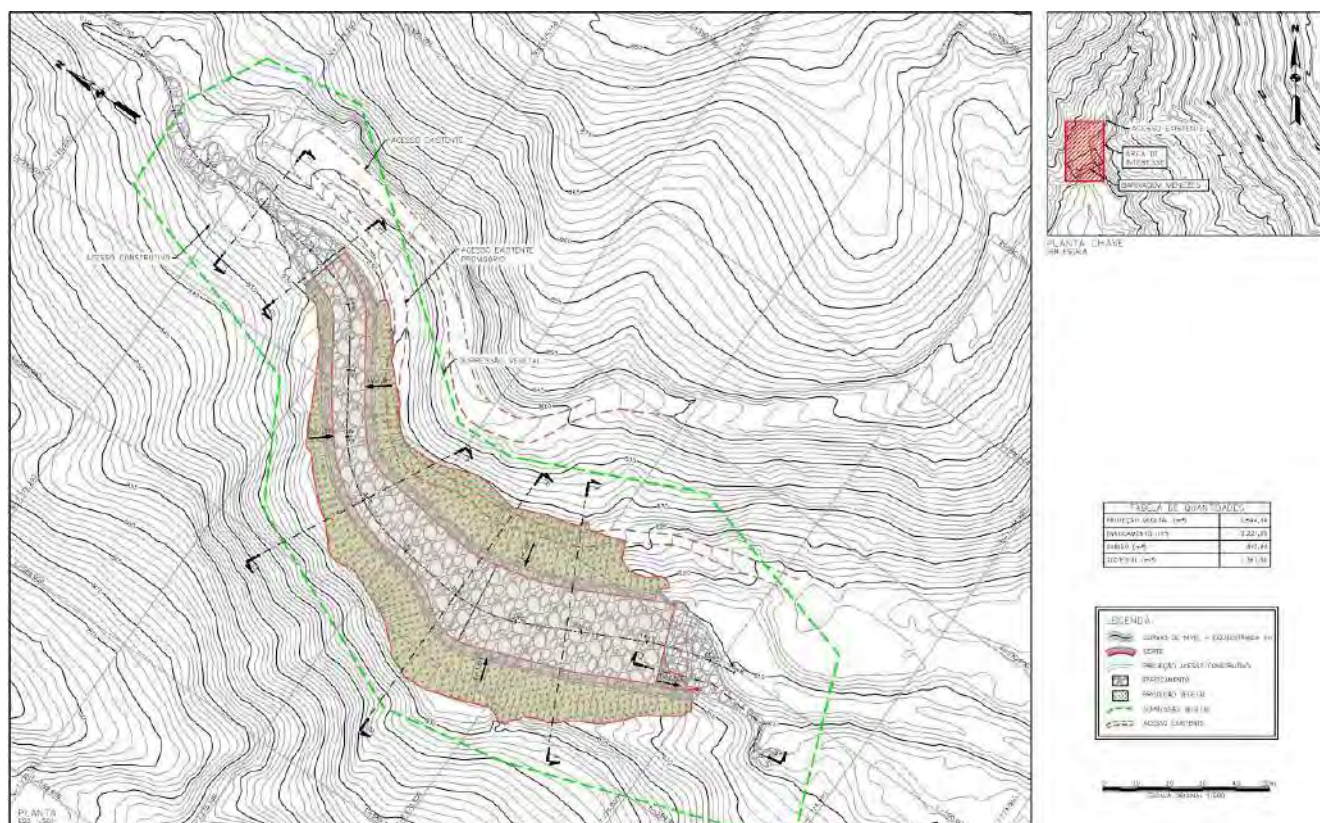


Figura 5.1: Arranjo do Canal de Drenagem – Projeto Conceitual de Descaracterização da Barragem Menezes I (Fonte: Desenho 1850JJ-X-31339 – BVP, 2021).

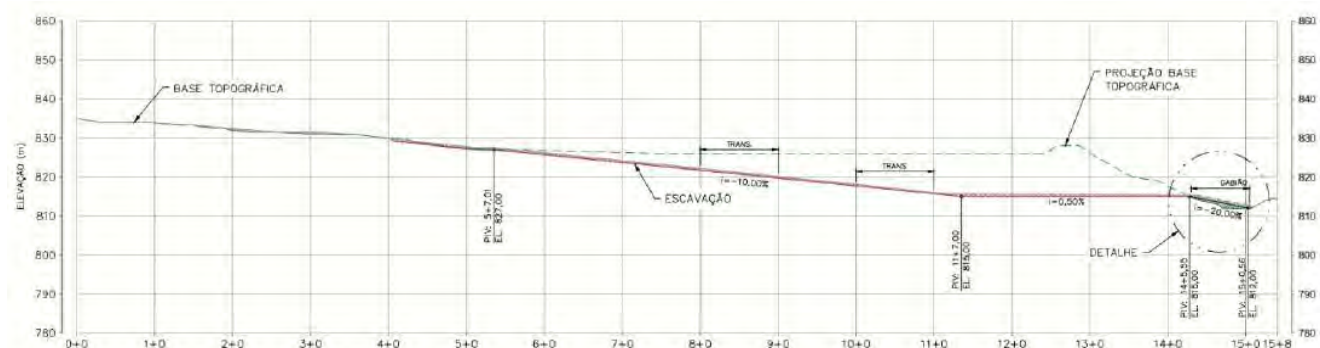
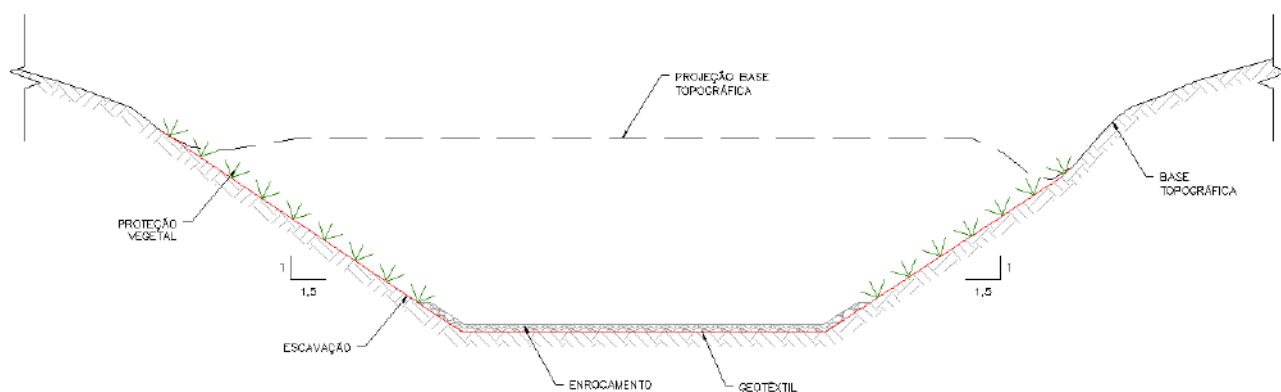


Figura 5.2: Perfil Longitudinal do Canal de Drenagem – Projeto Conceitual de Descaracterização da Barragem Menezes I (Fonte: Desenho 1850JJ-X-31340 – BVP, 2021).

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 10/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0



SEÇÃO TÍPICA – REVESTIMENTO DO CANAL E TRATAMENTO DE TALUDE
ESC. 1:200

Figura 5.3: Seção do Canal de Drenagem – Projeto Conceitual de Descaracterização da Barragem Menezes I (Fonte: Desenho 1850JJ-X-31338 – BVP, 2021).

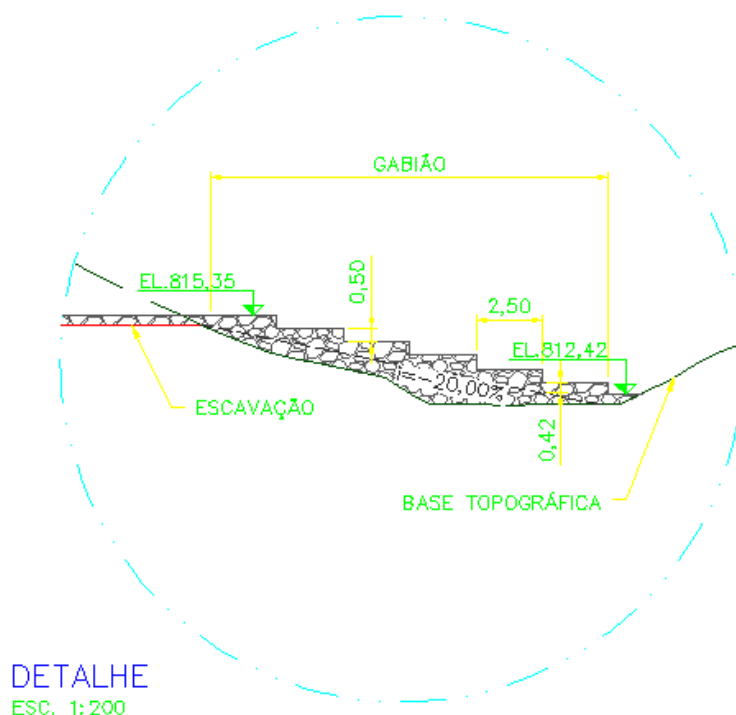


Figura 5.4: Detalhe da Descida em Degraus – Projeto Conceitual de Descaracterização da Barragem Menezes I (Fonte: Desenho 1850JJ-X-31340 – BVP, 2021).

6.0 METODOLOGIA

A metodologia adotada pela Head5 Engenharia para a elaboração do estudo de impacto hidrológico, hidráulico e sedimentológico a jusante da Barragem Menezes I é listada nos subitens a seguir.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 11/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

6.1 LEGISLAÇÃO

A Tabela 6.1 apresenta os arcabouços jurídicos e normativos existentes referentes a projetos de descaracterização de barragens de mineração.

Tabela 6.1: Arcabouço Jurídico-Normativo para Projetos de Descaracterização de Barragens de Mineração.

Tipo	Número	Título/Descrição
Norma Técnica	ABNT NBR 13.028/2017	Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água – Requisitos
Norma Técnica	ABNT NBR 13.029/2017	Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha
Lei Estadual	Lei nº 23.291/2019	Política Estadual de Segurança de Barragens
Lei Federal	Lei nº 6.938/1981	Política Nacional do Meio Ambiente
Lei Federal	Lei nº 12.334/2010	Política Nacional de Segurança de Barragens
Lei Federal	Lei nº 14.066/2020	Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).
Resolução Conjunta	SEMAD/FEAM nº 2.765	Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências.
Norma Reguladora de Mineração	NRM 21 – DNPM 237	Reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas
Norma Reguladora de Mineração	NRM 20 – DNPM 237	Suspensão, fechamento e mina e retomada das operações minerais.
Resolução	Resolução ANM nº 95/2022	Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração.
Resolução	CNRH nº 143/2012	Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.
Resolução	CNRH nº 144/2012	Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.
Deliberação Normativa	DN COPAM nº 220	Estabelece diretrizes e procedimentos para a paralisação temporária da atividade minerária e o fechamento de mina, estabelece critérios para elaboração e apresentação do relatório de Paralisação da Atividade Minerária, do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD e do Plano Ambiental de Fechamento de Mina - PAFEM e dá outras providências.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 12/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

6.2 PREMISSAS GERAIS DO ESTUDO

Com relação ao presente estudo, foram acordadas previamente com a VALE as seguintes premissas:

- O estudo de impacto hidrológico, hidráulico e sedimentológico a jusante da Barragem Menezes I será elaborado com base no projeto conceitual de autoria da BVP (2021), que foi desenvolvido a partir da alternativa 1, selecionada no estudo de alternativas (BVP, 2020);
- Embora a representatividade do presente estudo esteja associada ao arranjo definitivo do canal que substituirá o maciço da Barragem Menezes I, pode-se presumir, pela própria natureza do projeto de descaracterização, que o novo canal deixará de exercer influência significativa na retenção de sedimentos e na atenuação de cheias na bacia do Córrego da Olaria. Ressalta-se, nesse sentido, que ainda que seja esperado algum amortecimento dos hidrogramas ao longo da estrutura de drenagem superficial, decorrente da influência da variação das seções do canal e das forças dinâmicas do escoamento (TUCCI, 2015), este será de pequena proporção em comparação ao produzido pelo atual reservatório, podendo ser desconsiderado em termos práticos a favor da segurança. Portanto, mesmo que o arranjo da intervenção sofra modificações nas etapas subsequentes de projeto, não é esperada uma variação expressiva dos impactos a jusante da Barragem Menezes I em comparação ao cenário previsto a partir do projeto conceitual;
- No desenvolvimento do estudo, deverão ser respeitados todos os requisitos jurídicos e normativos de todas as leis, normas, portarias e resoluções pertinentes, notadamente as apresentadas na Tabela 6.1, porém não se limitando a isso;
- A consolidação de todos os dados disponibilizados pela VALE referentes às Barragens Menezes I e Menezes II e à Pilha de Deposição de Estéril (PDE) Menezes III é apresentada no relatório de consolidação de dados RL-1850JJ-G-31058, enquanto os critérios e premissas do estudo são detalhados no documento RL-1850JJ-G-31059;
- O estudo contemplará o Sistema Definitivo de Drenagem da PDE Menezes III, conforme arranjo definido no projeto conceitual de autoria da Walm (RL-2073GG-X-00040 – 2021), ilustrado na Figura 6.1;
- Conforme informado pela VALE, salienta-se que o projeto básico do Sistema Definitivo de Drenagem da PDE Menezes III se encontra atualmente em fase de revisão pela Walm; a despeito disso, com base no desenho preliminar 2073GG-X-00185 (WALM, 2022), constata-se que não foram efetuadas mudanças significativas no arranjo do Sistema de Drenagem que afetem o presente estudo;

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 13/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

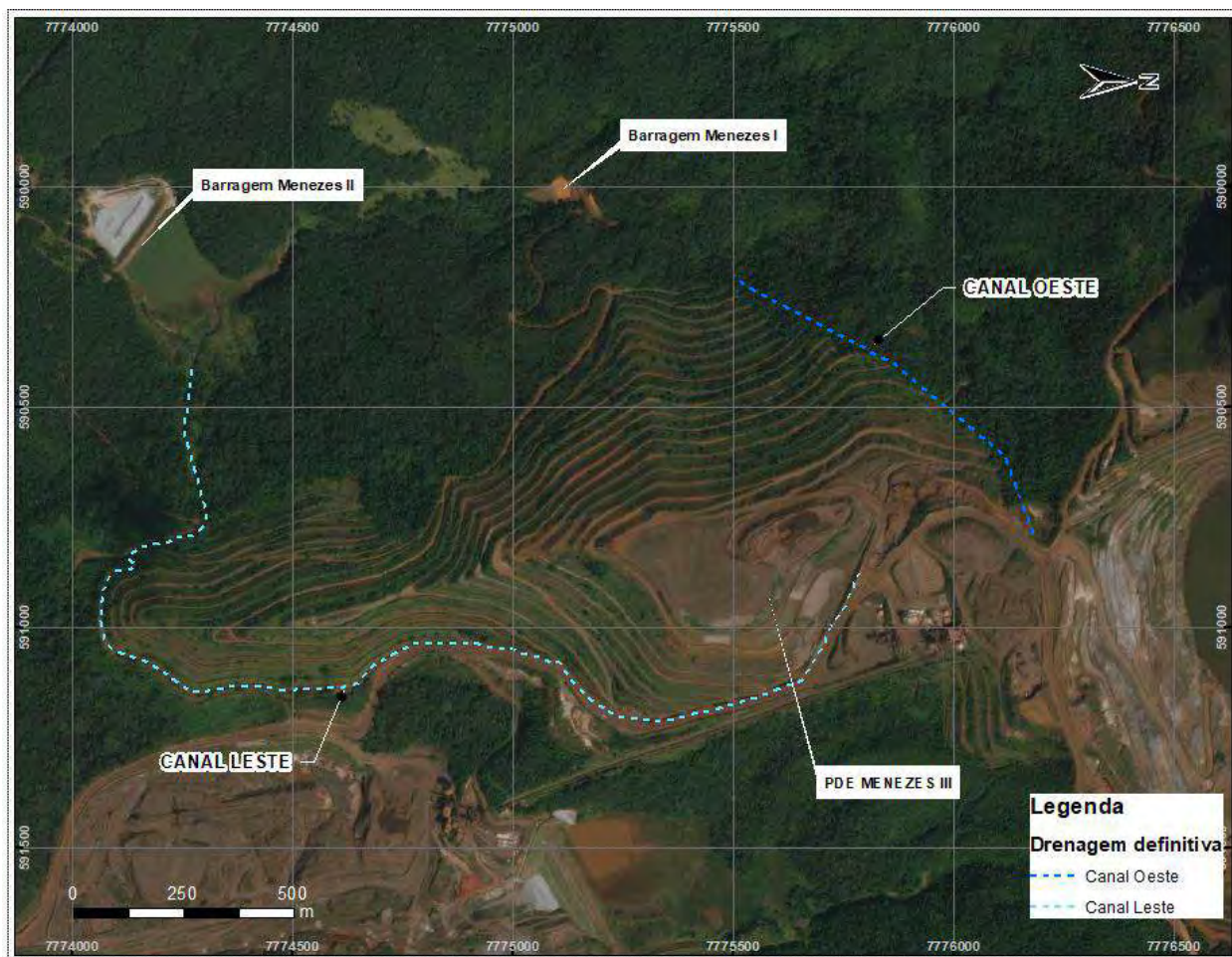


Figura 6.1: Sistema de Drenagem Definitivo da PDE Menezes III (Fonte: Walm, 2021).

- O estudo de impacto hidrológico e hidráulico deverá considerar o acréscimo de vazão afluente ao reservatório da Barragem Menezes II decorrente do bombeamento a partir da Barragem VI, previsto para ser encerrado no ano de 2026, com capacidade máxima do sistema de 2.000 m³/h (0,56 m³/s);
- Conforme relatado pela VALE e descrito no As Is (RL-1850JJ-X-31222 – Walm, 2022) e no Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) do 1º Ciclo de 2022 (RL-1000JJ-G-31429 – THEMAG, 2022) da Barragem Menezes I, atualmente existe uma contribuição adicional proveniente da rede de drenagem dos taludes da Cava da Mina Córrego do Feijão, a qual é direcionada para a bacia hidrográfica da referida estrutura através de uma galeria de transposição. Nesse sentido, cabe destacar que está prevista a implantação do sistema definitivo de drenagem da cava, que irá conduzir as águas captadas para o interior da mesma, e que será realizada antes da descaracterização da Barragem Menezes I. Em vista disso, a contribuição da área da cava será considerada apenas para o estudo de impacto sedimentológico.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 14/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

6.3 METODOLOGIA DO ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO

Com relação ao estudo de impacto hidrológico e hidráulico, as premissas e a metodologia adotadas são listadas na sequência:

- O estudo de impacto hidrológico e hidráulico tem como objetivo comparar a condição atual de trânsito de cheias na bacia da Barragem Menezes II, considerando o amortecimento proporcionado pelo reservatório da Barragem Menezes I, com o cenário resultante da descaracterização da estrutura de montante;
- A definição dos hidrogramas de cheia atualizados foi feita com base no método indireto de transformação chuva-vazão, adotando-se ainda a metodologia do Hidrograma Unitário Triangular Sintético (HUTS) proposta pelo Soil Conservation Service (SCS), em conformidade com o projeto conceitual de descaracterização (BVP, 2021) e com o RISR das Barragens Menezes I e Menezes II (THEMAG, 2022);
- Foram considerados os quantis de precipitação definidos pela Potamos no documento “Estudo de Chuvas Intensas e Cálculo da PMP na Área de Abrangência das Minas de Ferrosos e Metais Básicos” (POTVAL5009-1-TC-RTE-0016 – 2021) para o local da Mina Córrego do Feijão, com valores exibidos na Tabela 6.2;

Tabela 6.2: Quantis de Precipitação (mm) para o Local da Mina Córrego do Feijão (Fonte: Potamos, 2021).

Duração	Tempo de Retorno (anos)											
	2	5	10	20	25	50	100	200	500	1.000	10.000	PMP
10 min	17,4	22,0	25,0	27,9	28,8	31,5	32,4	34,9	38,1	40,6	48,5	61,4
15 min	22,7	28,7	32,5	36,1	37,3	40,7	42,7	45,9	50,1	53,2	63,2	80,0
20 min	26,5	33,4	37,8	42,0	43,3	47,3	50,0	53,8	58,6	62,1	73,6	93,2
30 min	31,8	40,0	45,3	50,2	51,8	56,5	60,4	64,8	70,6	74,7	88,2	112
1 h	40,8	51,3	58,0	64,3	66,3	72,3	78,0	83,7	91,0	96,2	113,3	144
2 h	52,9	66,8	75,8	84,3	87,0	95,2	103,2	111,2	121,5	129,1	154,0	195
3 h	59,9	75,8	86,2	96,0	99,2	108,7	118,0	127,3	139,3	148,3	177,8	225
4 h	64,9	82,2	93,6	104,3	107,8	118,2	128,5	138,7	152,0	161,9	194,7	247
6 h	72,0	91,3	104,0	116,0	119,9	131,6	143,2	154,7	169,8	181,1	218,5	277
8 h	77,0	97,7	111,3	124,4	128,5	141,2	153,7	166,1	182,5	194,7	235,4	298
10 h	80,9	102,7	117,1	130,8	135,2	148,5	161,8	175,0	192,3	205,3	248,5	315
12 h	84,0	106,7	121,7	136,1	140,6	154,6	168,4	182,2	200,3	214,0	259,2	328
18 h	91,1	115,8	132,1	147,8	152,7	168,0	183,2	198,3	218,2	233,2	283,0	359
24 h	96,1	122,2	139,5	156,1	161,3	177,5	193,6	209,7	230,8	246,8	299,9	380
2 d	122,8	157,4	180,3	202,3	209,2	230,7	252,0	273,2	301,2	322,4	392,7	403
3 d	150,1	191,9	219,6	246,1	254,5	280,5	306,2	331,9	365,7	391,3	476,2	433
5 d	193,2	246,8	282,3	316,4	327,2	360,5	393,5	426,4	469,8	502,6	611,6	620
7 d	228,2	291,1	332,7	372,6	385,3	424,3	463,1	501,7	552,6	591,1	718,8	839
10 d	272,4	346,0	394,7	441,5	456,3	501,9	547,3	592,4	652,0	697,1	846,6	932
15 d	332,7	423,3	483,3	540,9	559,1	615,4	671,2	726,9	800,3	855,7	1.039,9	1.060
20 d	383,7	486,8	555,0	620,5	641,3	705,3	768,8	832,0	915,5	978,6	1.188,1	1.299
30 d	469,5	591,4	672,0	749,4	773,9	849,6	924,6	999,4	1.098,1	1.172,6	1.420,2	1.495

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 15/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

- A obtenção do parâmetro *curve number* (CN), utilizado no método do HUTS proposto pelo SCS, foi feita com base nos valores indicados na publicação “Urban Hydrology for Small Watersheds” (Natural Resources Conservation Service (NRSC), 1986), ponderando-se os tipos de uso do solo das bacias das Barragens Menezes I e Menezes II;
- Foram consideradas as condições de escoamento antecedente – *Antecedent Runoff Condition* (ARC), conforme NRSC (2004) – do tipo II e III, correspondentes à situação de média e de alta umidade do solo, respectivamente;
- Com base nas características dos solos da região da Mina Córrego do Feijão, avaliadas a partir da publicação “Solos do Quadrilátero Ferrífero sob Diferentes Coberturas Vegetais e Materiais de Origem” (COELHO et al., 2017), classificou-se os solos das bacias do estudo como do tipo B;
- Conforme proposto no método SCS, foi considerada uma parcela de abstrações iniciais (I_a) antes do início do escoamento superficial na bacia, com valor dado pela equação (1);

$$I_a = 0,2 * \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right) \quad (1)$$

- A discretização temporal dos quantis de chuva foi feita com base no método de Huff, conforme sugerido na publicação “Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração” (PINHEIRO, 2011), adotando-se as curvas do 1º quartil para as chuvas com duração máxima de 6 horas, do 2º quartil para a duração máxima de 12 horas, do 3º quartil para a duração máxima de 24 horas e do 4º quartil nos demais casos, considerando as curvas com 50% de probabilidade de ocorrência (HUFF, 1990), ilustradas na Figura 6.2;

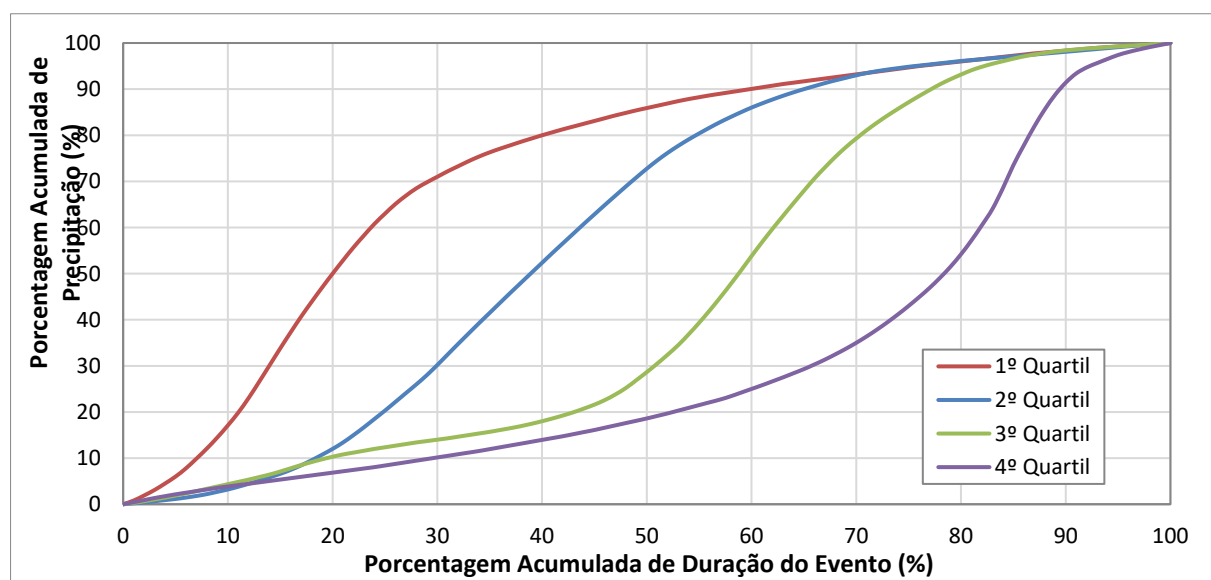


Figura 6.2: Discretização Temporal dos Quantis de Chuva – Curvas com 50% de Probabilidade de Ocorrência – Método de Huff (Fonte: Adaptada de HUFF, 1990).

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 16/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

- O tempo de concentração dos trechos de talvegue natural foi calculado com base na formulação de Kirpich Modificada, indicada na publicação “Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem” do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2005) para bacias de qualquer tamanho, enquanto para as bermas da PDE Menezes III foi utilizado o método cinemático, em conformidade com o projeto conceitual (BVP, 2021);
- Para os cálculos do tempo de concentração (t_c), foram utilizadas as formulações de Kirpich Modificada e do método cinemático indicadas por DNIT (2005) e Pinheiro (2011), expressas nas equações (2) e (3), respectivamente, com t_c dado em minutos;

$$t_c = 60 * 1,42 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (2)$$

$$t_c = \frac{1}{60} * \sum_i \frac{L_i}{v_i} \quad (3)$$

Onde:

L – Comprimento axial (km);

H – Desnível máximo (m);

L_i – Comprimento de cada trecho (m);

v_i – Velocidade média do escoamento no trecho i (m/s).

- Os cálculos do tempo de pico (t_p), do tempo de retardo (*lag time*) (t_{lag}), do tempo de recessão (t_r), do tempo total (t_b) e da vazão de pico (Q_p) do HUTS foram efetuados com base nas equações (4) a (8), indicadas pelo NRSC (2007),

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \quad (4)$$

$$t_{lag} = 0,6 * t_c \quad (5)$$

$$t_r = \frac{5}{3} * t_p \quad (6)$$

$$t_b = t_p + t_r \quad (7)$$

$$Q_p = \frac{2,08 * 60 * A_d}{t_p} \quad (8)$$

Onde:

Δt – Intervalo computacional (min);

A_d – Área de drenagem da bacia (km²).

- Para garantir melhor discretização dos cálculos de transformação chuva-vazão, foi adotado Δt de 1 minuto, desde que respeitada a condição $\Delta t \leq 0,29 * t_{lag}$, conforme indicado pelo United States Army Corps of Engineers (USACE) (1998);

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 17/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

- O escoamento de base foi desconsiderado, visto ser de pequena magnitude frente aos picos dos hidrogramas de escoamento superficial;
- A propagação da onda de cheia nos reservatórios das Barragens Menezes I e Menezes II foi realizada com base no método de Puls Modificado;
- A curva de descarga do vertedouro da Barragem Menezes I foi estabelecida por modelagem hidráulica unidimensional com uso do software HEC-RAS, versão 6.2, desenvolvido pelo USACE, com base nas características do extravasor identificadas a partir do desenho 1850JJ-V-00005 (Projeto Conceitual – Utilidades – Barragens), de autoria da Rural Tech (2022);
- Para a curva de descarga do vertedouro da Barragem Menezes II, foi considerada a curva definida a partir do estudo de modelagem hidráulica tridimensional com uso do software FLOW-3D, de autoria da Potamos (RL-2023GG-X-00015 – 2021), com valores de capacidade de descarga apresentados no documento RL-2023GG-X-00016 (BVP, 2020);
- As simulações hidrológicas foram realizadas com o uso do software HEC-HMS, versão 4.9, desenvolvido pelo USACE.

6.4 METODOLOGIA DO ESTUDO DE IMPACTO SEDIMENTOLÓGICO

Com relação ao estudo de impacto sedimentológico, os principais critérios e premissas são listados na sequência:

- O estudo de impacto sedimentológico tem como objetivo comparar a capacidade de contenção de sedimentos e a estimativa de vida útil atuais da Barragem Menezes II com o cenário resultante da descaracterização da Barragem Menezes I;
- A descaracterização da Barragem Menezes I está condicionada à conclusão das obras de redirecionamento das drenagens PDE Menezes III, que ainda se encontra em operação. A mencionada obra reduzirá as contribuições para a Barragem Menezes I;
- A estimativa do aporte atual de sedimentos às Barragens Menezes I e Menezes II foi feita com base no histórico de curvas cota x volume dos respectivos reservatórios. Salienta-se, portanto, que a representatividade da taxa de aporte de sedimentos estimada para os cenários atual e futuro está condicionada às taxas relativas ao período de dados contemplado pelos levantamentos batimétricos;
- Para o cenário futuro, após as obras de descaracterização da Barragem Menezes I, tem-se como premissa que não haverá qualquer aporte de sedimentos que não seja o proveniente da área de contribuição natural e da face oeste da PDE Menezes III em condição de fechamento, ou seja, revegetada. Não obstante, para a avaliação do cenário em questão, foi considerado que a taxa de aporte de sedimentos futura da

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 18/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Barragem Menezes II é dada pela média ponderada dos atuais aportes de sedimentos às respectivas estruturas em função de suas áreas de drenagem. Salienta-se, portanto, que se fez uma análise conservadora a respeito da produção de sedimentos na bacia após o fechamento da PDE Menezes III;

- Ao analisar os levantamentos batimétricos e as curvas cota x volume apresentadas pela VALE, foram identificadas certas limitações em decorrência da insuficiência de informações, tais como a ausência de curvas cota x volume anteriores ao mês de julho de 2020 para avaliação de período mais extenso. Ademais, dentre as três curvas cota x volume apresentadas para a Barragem Menezes II, ressalta-se que apenas uma contempla todo o volume disponível para retenção de sedimentos, abaixo da soleira do extravasor, limitando a precisão da estimativa das taxas de aporte de sedimentos à estrutura em questão;
- Foi avaliado junto à VALE se foram efetuadas limpezas nos reservatórios das Barragens Menezes I e Menezes II durante o período contemplado pelo histórico de curvas cota x volume. Dessa forma, destaca-se que foi realizada a limpeza do reservatório da Barragem Menezes I entre fevereiro e julho de 2020 e entre junho e julho de 2021, além de uma limpeza emergencial concentrada na região da ombreira esquerda entre novembro de 2021 e março de 2022, em virtude do esgotamento do reservatório a partir da ruptura parcial do Canal Periférico Oeste da PDE Menezes III. Conforme informado pela VALE, atualmente está em andamento a limpeza definitiva e rotineira que tem previsão de término para o final de maio de 2022, ocasião em que será realizado novo levantamento batimétrico. Salienta-se, por fim, que a Barragem Menezes II não possui histórico de limpezas no reservatório;
- Foi avaliado junto à VALE se foi efetuado o reparo do canal de drenagem da PDE Menezes III, situado a montante da Barragem Menezes I, cujo rompimento resultou em grande aporte de sedimentos ao reservatório da referida estrutura, e a informação recebida foi de que o referido canal rompeu na 3ª semana de outubro de 2021. Junto a isso, foram identificadas erosões generalizadas nos dias 8 e 9 de janeiro de 2022, em decorrência de chuvas intensas na região;
- Para efeitos de comparação das taxas de sedimentação estimadas, foram considerados ainda valores médios teóricos indicados por Pinheiro (2011) para estruturas de mineração, de forma similar ao estudo sedimentológico realizado para o projeto conceitual de descaracterização da Barragem Menezes I (BVP, 2020). Segundo Pinheiro (2011), destaca-se que:

Nas áreas ocupadas por atividades de mineração, o EPA (1976) apresentou valores de contribuição específica de sedimentos variando entre 300 m³/ha.ano a 600 m³/ha.ano, em empreendimentos dos Estados Unidos. No Brasil, tem sido prática a adoção do limite superior dessa faixa para cálculo da contribuição de sedimentos em áreas de mineração. (PINHEIRO, 2011, p. 77).

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 19/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

- Para áreas de vegetação natural foi utilizado o mesmo valor adotado no projeto conceitual de descaracterização da Barragem Menezes I (BVP, 2020), de 30 m³/ha.ano.

6.5 BASE TOPOGRÁFICA

Detalhes sobre a base topográfica que foi adotada no presente estudo estão apresentados no relatório de consolidação de dados (RL-1850JJ-G-31058). De modo geral, cabem destacar os seguintes pontos:

- Utilizou-se o Datum SIRGAS2000 como referência para o estudo;
- A avaliação das características geométricas da Barragem Menezes I e de seu vertedouro foi feita com base no levantamento realizado pela Rural Tech, apresentado no desenho 1850JJ-V-00005 (Projeto Conceitual – Utilidades – Barragens), com revisão mais recente de abril de 2022;
- A avaliação das características geométricas da Barragem Menezes II foi feita com base no levantamento realizado pela Rural Tech, apresentado no desenho “Estudo de Viabilidade – Utilidades – Menezes II – Cartografia – Desenho” (1850JJ-V-00014), com revisão mais recente de abril de 2022;
- A avaliação conjunta das Barragens Menezes I e Menezes II e da PDE Menezes III e a delimitação das bacias hidrográficas foi feita com base no arquivo “TOPOGRAFIA GERAL SIRGAS 2000.dwg”;
- A definição da área de contribuição do bueiro que interliga a Cava da Mina Córrego do Feijão à bacia da Barragem Menezes I foi feita com base no desenho constante no arquivo “Drenagens Cava Feijão R02 (1).dwg”, com revisão mais recente de janeiro de 2022;
- Foi constatado que os arquivos “TOPOGRAFIA GERAL SIRGAS 2000.dwg” e “Drenagens Cava Feijão R02 (1).dwg” estavam inicialmente referenciados ao Datum SAD69, sendo posteriormente convertidos para o Datum SIRGAS2000;
- Foi disponibilizada pela VALE a topografia primitiva da região das Barragens Menezes I e Menezes II e da PDE Menezes III, constante no desenho “Restituicao_Qfer_MNII”; não obstante, salienta-se que o levantamento em questão não foi necessário para o desenvolvimento do presente estudo.

7.0 ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I

O estudo de impacto hidrológico e hidráulico tem como objetivo comparar as condições de amortecimento de cheias na bacia da Barragem Menezes II para os cenários atual e posterior

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 20/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

à descaracterização da Barragem Menezes I. Para tanto, realizou-se inicialmente a caracterização das bacias de contribuição das referidas estruturas, definindo-se ainda uma curva de descarga para o vertedouro da Barragem Menezes I. De posse desses resultados, foi elaborado um modelo hidrológico para a região de estudo, utilizado para a avaliação do trânsito de cheias para os diferentes cenários contemplados, conforme detalhado nos itens subsequentes.

7.1 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A delimitação das bacias hidrográficas das Barragens Menezes I e Menezes II foi efetuada com auxílio do software QGIS, versão 3.22.6, levando em consideração a base topográfica constante no arquivo “TOPOGRAFIA GERAL SIRGAS 2000.dwg” e o arranjo da etapa de projeto conceitual do Sistema Definitivo de Drenagem da PDE Menezes III (WALM, 2021). Por sua vez, para a caracterização do tipo de uso e ocupação do solo, foram avaliadas imagens de satélite da região disponibilizadas pela ESRI e acessadas a partir do QGIS.

Nesse sentido, cabe salientar que são identificados dois tipos de uso de solo preponderantes no local, correspondentes às regiões de mata natural e da pilha de estéril. Somado a isso, avalia-se ainda que toda a contribuição gerada na região da PDE Menezes III é direcionada às Barragens Menezes I e Menezes II por meio dos Canais Oeste e Leste, respectivamente, indicados na Figura 6.1.

Assim, tendo em vista as particularidades do Sistema de Drenagem da PDE Menezes III, optou-se por dividir as áreas de contribuição de cada uma das Estruturas em 2 (duas) sub-bacias, as quais contemplam o trecho natural e a região da pilha contribuintes às respectivas Barragens. Avaliou-se, ainda, as sub-bacias para o cenário futuro, após a descaracterização da Barragem Menezes I.

A relação das sub-bacias delimitadas, para os cenários atual e futuro, é apresentada na Tabela 7.1 e ilustrada na Figura 7.1, em comparação à base topográfica utilizada.

Tabela 7.1: Identificação das Sub-Bacias para os Cenários Atual e Futuro.

Bacia	Sub-Bacia	Área de Drenagem (km²)	Uso Preponderante
Barragem Menezes I (Cenário Atual)	SB1	0,488	Área natural
	SB2	0,498	Pilha de estéril
	Total	0,986	-
Barragem Menezes II (Cenário Atual)	SB3	0,851	Área natural
	SB4	0,773	Pilha de estéril
	Total	1,624	-
Barragem Menezes II (Cenário Futuro)	SBA	1,339	Área natural
	SB2	0,498	Pilha de estéril
	SB4	0,773	Pilha de estéril
	Total	2,610	-

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 21/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

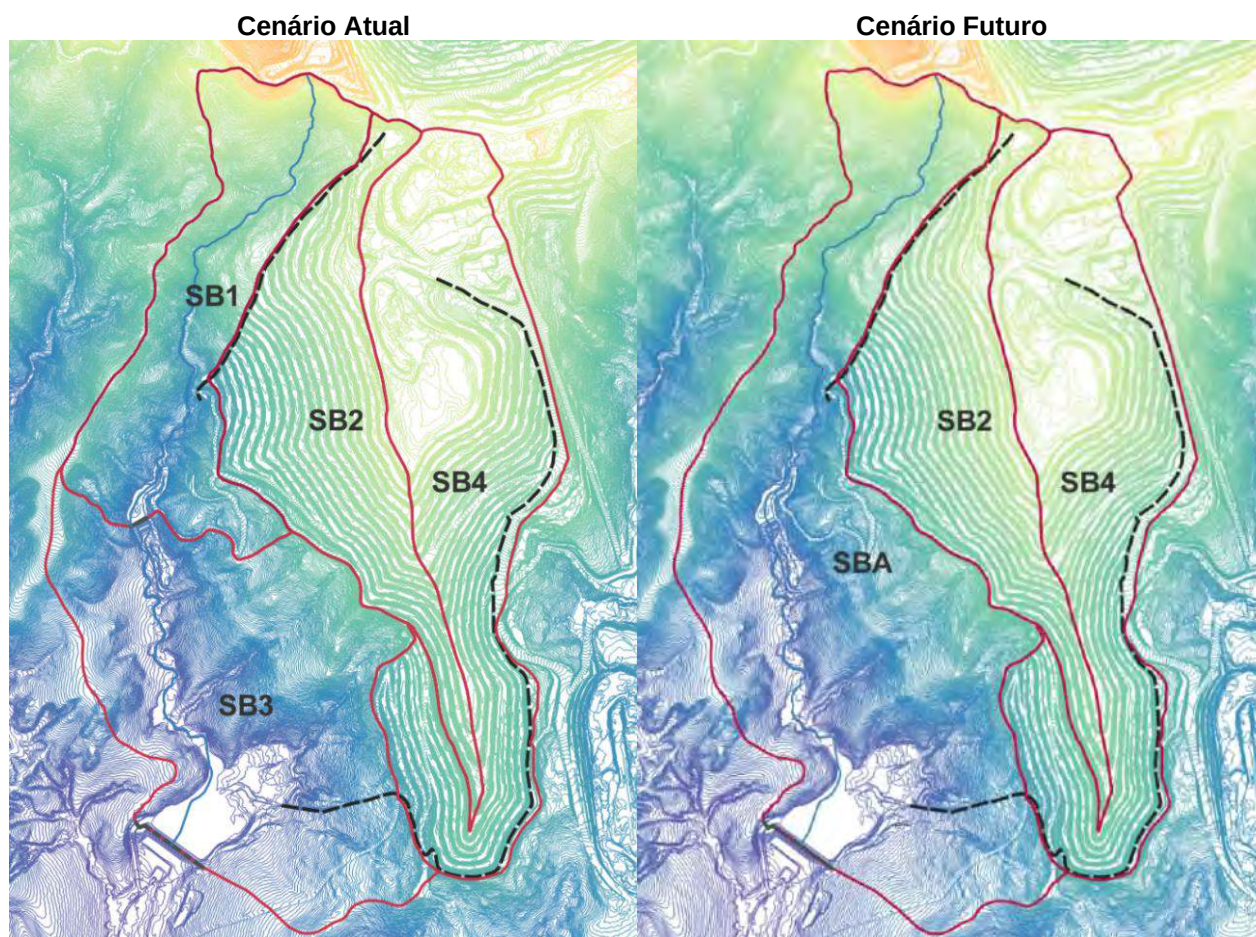


Figura 7.1: Delimitação das Sub-Bacias e do Talvegue das Barragens Menezes I e Menezes II para os Cenários Atual e Futuro.

Após a delimitação das sub-bacias, efetuou-se a caracterização dos tipos de uso e ocupação do solo com base em imagens de satélite disponibilizada pela ESRI e acessadas por meio do QGIS, conforme exibido na Figura 7.2 e detalhado nas Tabelas 7.2 a 7.6. Por sua vez, para a definição dos valores de CN relativos ao cenário de umidade média (ARC II), utilizados no método de transformação chuva-vazão proposto pelo SCS, adotou-se como referência a publicação “Urban Hydrology for Small Watersheds” (NRSC, 1986), enquanto os respectivos valores no cenário ARC III foram obtidos da publicação “Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall” (NRSC, 2004). Ademais, cabe destacar que para cada sub-bacia foi calculado o valor ponderado de CN.

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 22/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

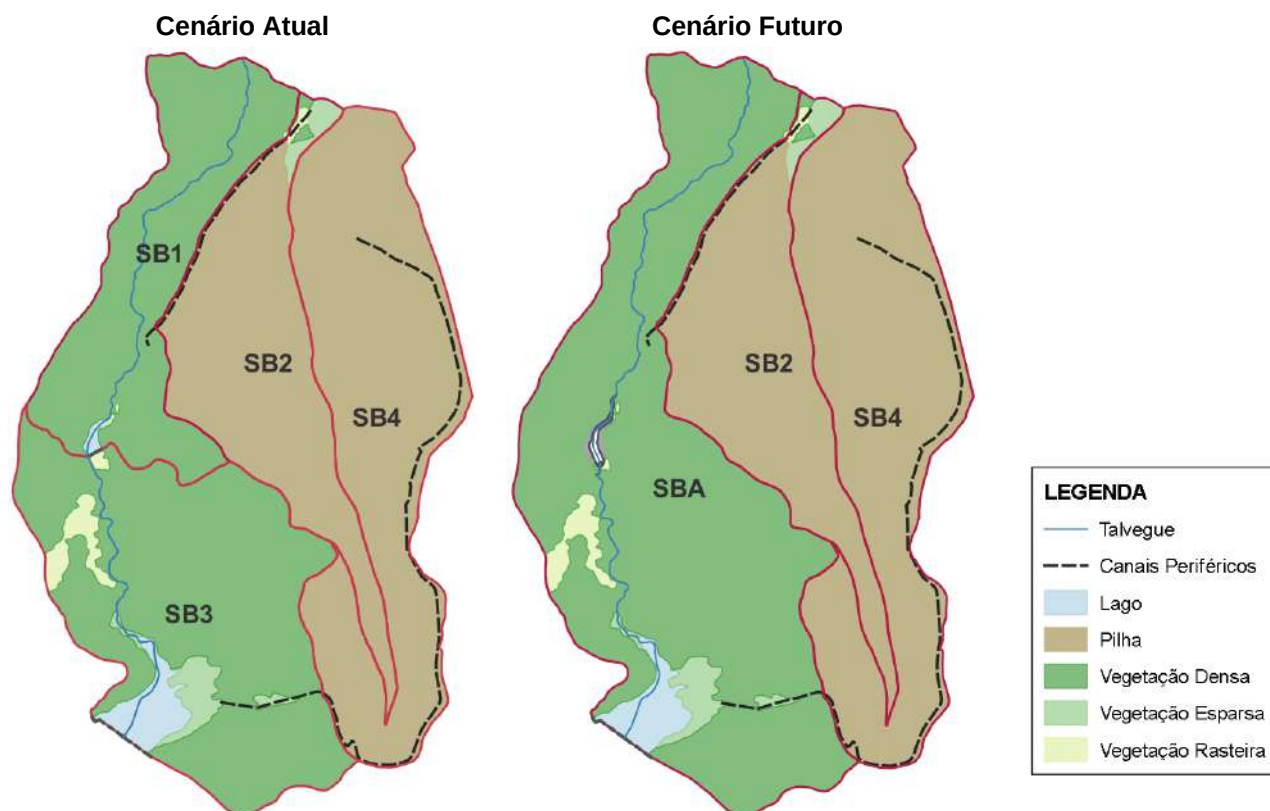


Figura 7.2: Caracterização dos Tipos de Uso e Ocupação do Solo das Sub-Bacias das Barragens Menezes I e Menezes II para os Cenários Atual e Futuro.

Tabela 7.2: Barragem Menezes I – Cenário Atual – Sub-Bacia SB1 – Cálculo do CN Ponderado.

Uso	Área (km²)	Área (%)	CN (ARC II)	CN Ponderado	CN – (ARC III)	Referência para o valor de CN
Mata	0,482	98,77	55	54,32	74	Woods – Good condition (NRSC, 1986)
Lago	0,005	1,02	100	1,02	100	-
Vegetação Rasteira	0,001	0,20	61	0,13	78	Open space – Good condition (NRSC, 1986)
Total	0,488	100	-	55	74	-

Tabela 7.3: Barragem Menezes I – Cenário Atual – Sub-Bacia SB2 – Cálculo do CN Ponderado.

Uso	Área (km²)	Área (%)	CN (ARC II)	CN Ponderado	CN – (ARC III)	Referência para o valor de CN
PDE	0,474	95,18	69	65,67	84	Pasture, grassland or range – Fair condition (NRSC, 1986)
Vegetação Esparsa	0,016	0,21	58	1,86	76	Meadow – Good condition (NRSC, 1986)
Mata	0,004	0,80	55	0,44	74	Woods – Good condition (NRSC, 1986)
Vegetação Rasteira	0,004	0,80	61	0,49	78	Open space – Good condition (NRSC, 1986)
Total	0,498	100	-	68	84	-

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 23/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Tabela 7.4: Barragem Menezes II – Cenário Atual – Sub-Bacia SB3 – Cálculo do CN Ponderado.

Uso	Área (km²)	Área (%)	CN (ARC II)	CN Ponderado	CN – (ARC III)	Referência para o valor de CN
Mata	0,736	86,49	55	47,57	74	Woods – Good condition (NRSC, 1986)
Lago	0,048	5,64	100	5,64	100	-
Vegetação Esparsa	0,036	4,23	58	2,45	76	Meadow – Good condition (NRSC, 1986)
Vegetação Rasteira	0,031	3,64	61	2,22	78	Open space – Good condition (NRSC, 1986)
Total	0,851	100	-	58	76	-

Tabela 7.5: Barragem Menezes II – Cenário Atual – Sub-Bacia SB4 – Cálculo do CN Ponderado.

Uso	Área (km²)	Área (%)	CN (ARC II)	CN Ponderado	CN – (ARC III)	Referência para o valor de CN
PDE	0,773	100	69	-	84	Pasture, grassland or range – Fair condition (NRSC, 1986)
Total	0,773	100	-	69	84	-

Tabela 7.6: Barragem Menezes II – Cenário Futuro – Sub-Bacia SBA – Cálculo do CN Ponderado.

Uso	Área (km²)	Área (%)	CN (ARC II)	CN Ponderado	CN – (ARC III)	Referência para o valor de CN
Mata	1,217	90,89	55	49,99	74	Woods – Good condition (NRSC, 1986)
Lago	0,048	3,58	100	3,58	100	-
Vegetação Esparsa	0,036	2,69	58	1,56	76	Meadow - Good condition (NRSC, 1986)
Vegetação Rasteira	0,034	2,54	61	1,55	78	Open space – Good condition (NRSC, 1986)
Canal	0,004	0,30	100	0,30	100	-
Total	1,339	100	-	57	75	-

Em seguida, a partir do comprimento e do desnível dos talvegues identificados para as sub-bacias SB1, SB3 e SBA, foram calculados os respectivos tempos de concentração, com base no método de Kirpich Modificado. Já para as sub-bacias SB2 e SB4, optou-se por adotar os tempos de contribuição dos Canais Oeste e Leste, conforme calculado pela Walm (2021).

Junto a isso, estimou-se ainda a velocidade média do talvegue, a partir da relação entre L e t_c , bem como as perdas por abstrações iniciais para cada sub-bacia. Os resultados são indicados na Tabela 7.7.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 24/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Tabela 7.7: Características hidrológicas das Sub-Bacias.

Sub-Bacia	L (km)	H (m)	t_c (min)	Velocidade Média (m/s)	ARC II		ARC III	
					CN	I_a (mm)	CN	I_a (mm)
SB1	1,625	284	16,96	1,60	55	41,56	74	17,85
SB2	Variável (bermas)		15	-	68	23,91	84	9,68
SB3	1,398	125	19,55	1,19	58	36,79	76	16,04
SB4	Variável (bermas)		20	-	69	22,82	84	9,68
SBA	2,789	322	30,16	1,54	57	38,32	75	16,93

7.2 CURVA DE DESCARGA DAS ESTRUTURAS EXTRAVASORAS

Para a avaliação do trânsito de cheias nos reservatórios das Barragens Menezes I e Menezes II, faz-se necessária a consideração das curvas de descarga dos respectivos vertedouros. Nesse sentido, optou-se por definir uma curva de descarga atualizada para a estrutura extravasora da Barragem Menezes I, tomando como base o levantamento topobatimétrico atualizado de autoria da Rural Tech (1850JJ-V-00005 – 2022).

Dessa forma, ilustra-se, nas Figuras 7.3 a 7.5, a planta junto à ortofoto, o perfil longitudinal e as seções transversais do vertedouro, conforme definido pela Rural Tech (2022). Cabe salientar que o extravasor se encontra na ombreira direita da Barragem Menezes I, e que possui soleira na cota 825,42 m. A estrutura é composta por um emboque, com aproximadamente 4,75 m de largura, seguido de um canal, possuindo seção composta por dois trapézios contíguos, sendo o inferior revestido de concreto e o superior sem revestimento, de dimensões variáveis. Quanto ao canal, verificou-se que sua inclinação é variável, além de que seu comprimento total, na direção do escoamento, é de 57,55 m, com seção final na cota 815,683 m.

De posse das informações geométricas do vertedouro, utilizou-se o software HEC-RAS, versão 6.2, para realizar a modelagem hidráulica unidimensional do extravasor. Como premissas para a análise, considerou-se o regime de escoamento misto, com condição de contorno de montante com altura normal e de jusante com altura crítica. Quanto aos coeficientes de Manning, foram adotados os valores exibidos na Tabela 7.8, definidos com base na publicação “Open-Channel Hydraulics” (CHOW, 1959).

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 25/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

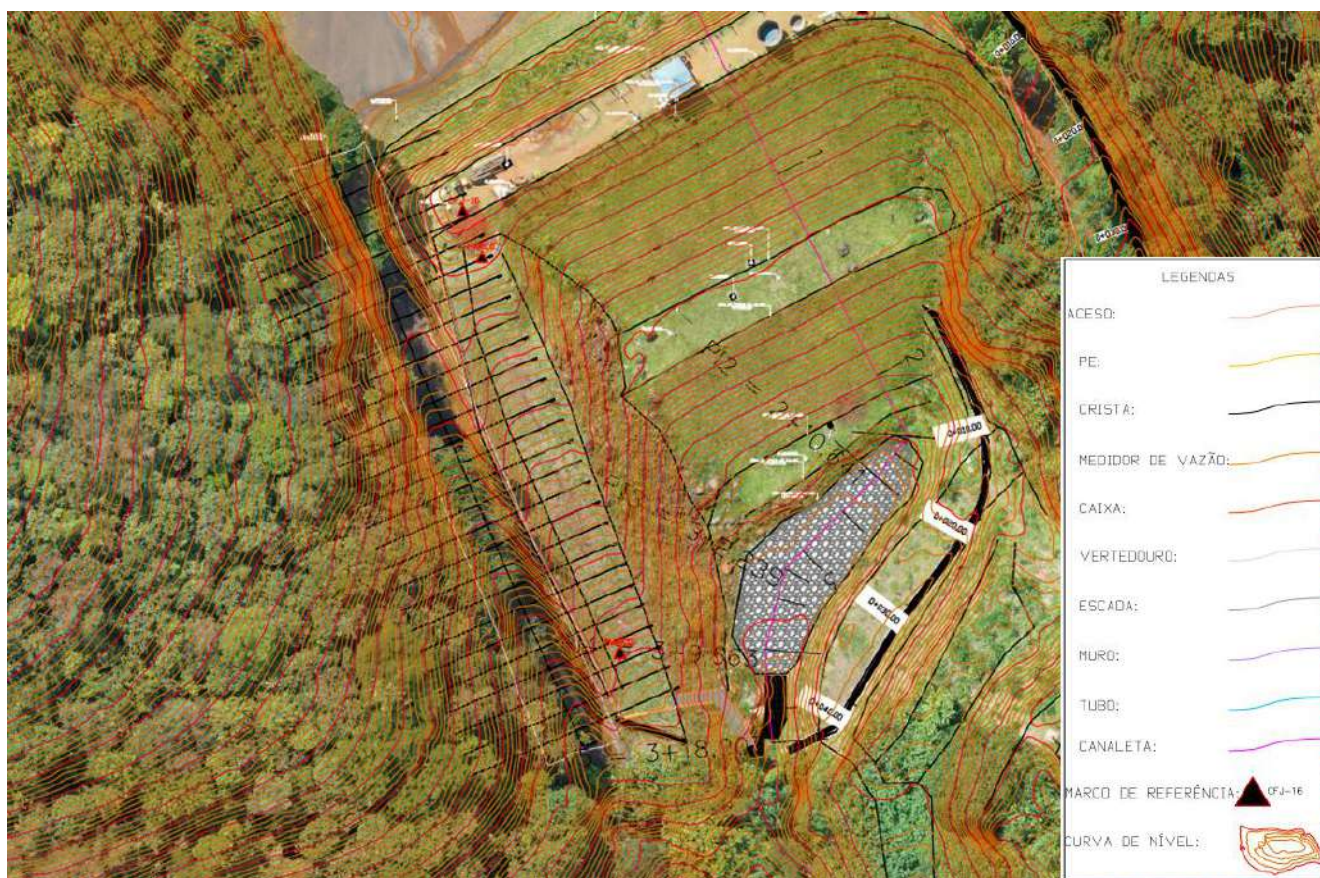


Figura 7.3: Planta e Ortofoto do Vertedouro da Barragem Menezes I (Fonte: Rural Tech, 2022).



Figura 7.4: Perfil Longitudinal do Vertedouro da Barragem Menezes I (Fonte: Rural Tech, 2022).

 VALE	 HEAD5 ENGENHARIA	CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 26/68
			Nº (CONTRATADA)	REV.
			3007-PD-B-RT-G00-0002	0

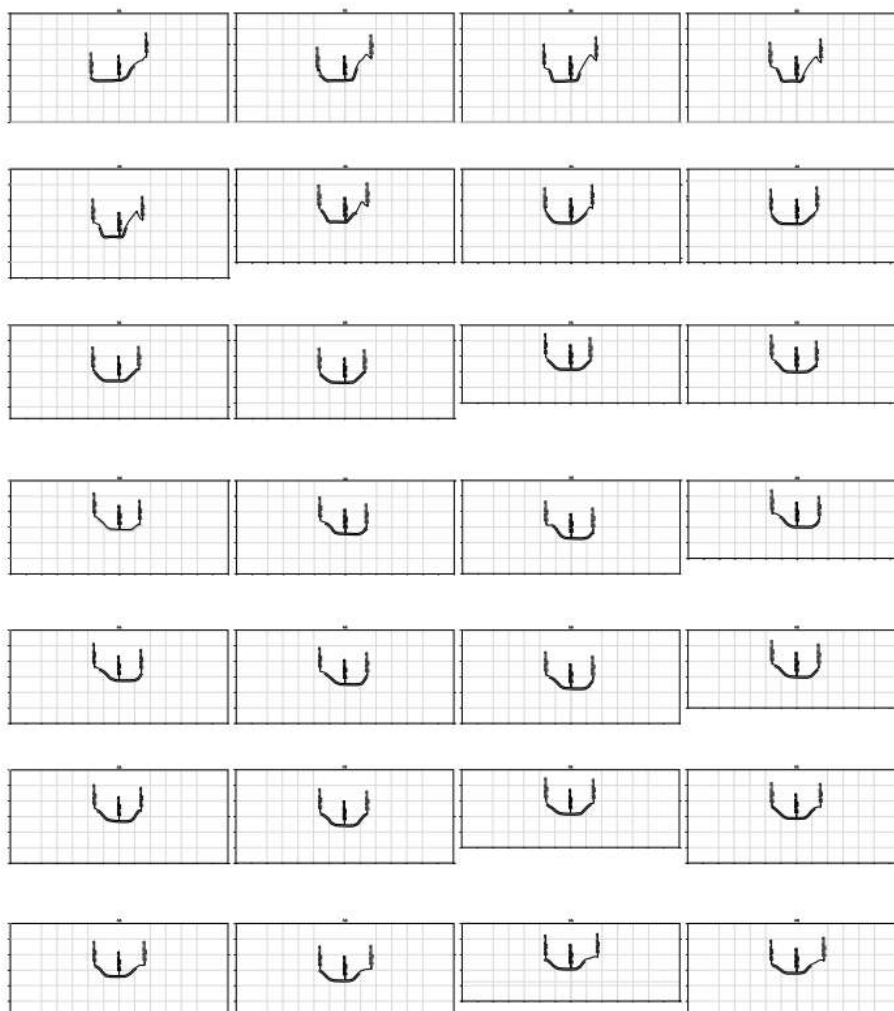


Figura 7.5: Seções Transversais SL-1 a SL-28 do Vertedouro da Barragem Menezes I (Fonte: Rural Tech, 2022).

Tabela 7.8: Coeficientes de Manning adotados para o Modelo Hidráulico Unidimensional do Vertedouro da Barragem Menezes I.

Tipo de Revestimento	Local de Ocorrência	Coeficiente de Manning ($m^{1/2}/s$)	Referência
Concreto	Fundo e taludes laterais do canal	0,016	CHOW (1959)
Vegetação Rasteira	Talude superior da margem esquerda hidráulica	0,030	
Vegetação Densa	Talude superior da margem direita hidráulica	0,070	

Cabe destacar que foi dada especial atenção ao emboque do vertedouro, visto que o controle hidráulico do escoamento ocorre nesta região. Para tanto, foram interpoladas as seções definidas pela Rural Tech (2022). Ademais, para permitir a definição da curva de descarga, realizou-se a simulação hidráulica para diferentes vazões. Como exemplo dos resultados obtidos, a Figura 7.6 exibe o perfil da linha d'água referente ao escoamento da vazão de 10 m³/s.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 27/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

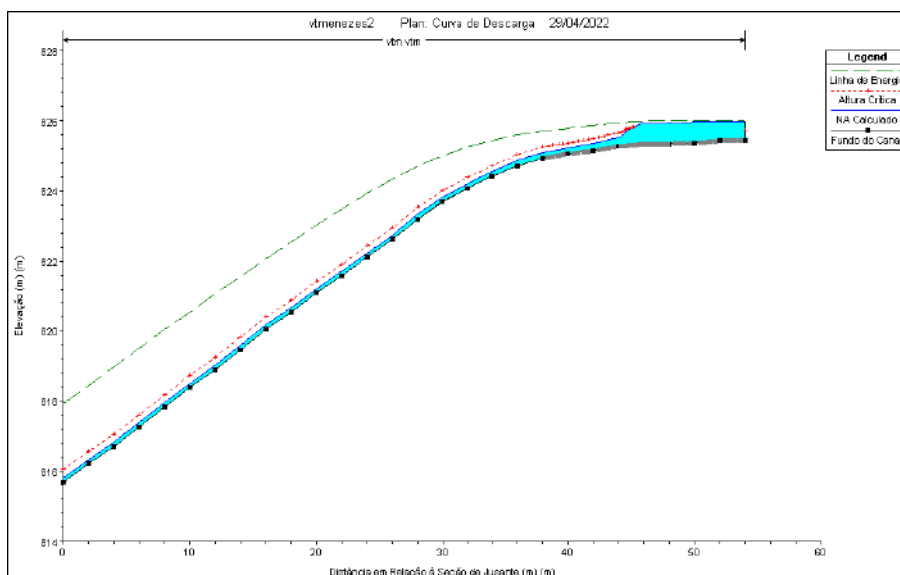


Figura 7.6: Perfil de Linha d'Água no Vertedouro da Barragem Menezes I – Vazão de 10 m³/s.

A curva de descarga resultante para o vertedouro da Barragem Menezes I é exibida na Figura 7.7, com valores discretizados na Tabela 7.9. Ressalta-se que para viabilizar a realização das simulações de trânsito de cheias foi necessário definir a curva de descarga até uma cota superior tanto à crista da ombreira esquerda quanto à crista do barramento. Diante disso, ainda que seja esperada a ocorrência de galgamento quando o Nível de Água do reservatório ultrapassar as referidas cotas, optou-se por desconsiderar o acréscimo de vazão proporcionado pelo galgamento, adotando uma condição mais crítica em favor da segurança.

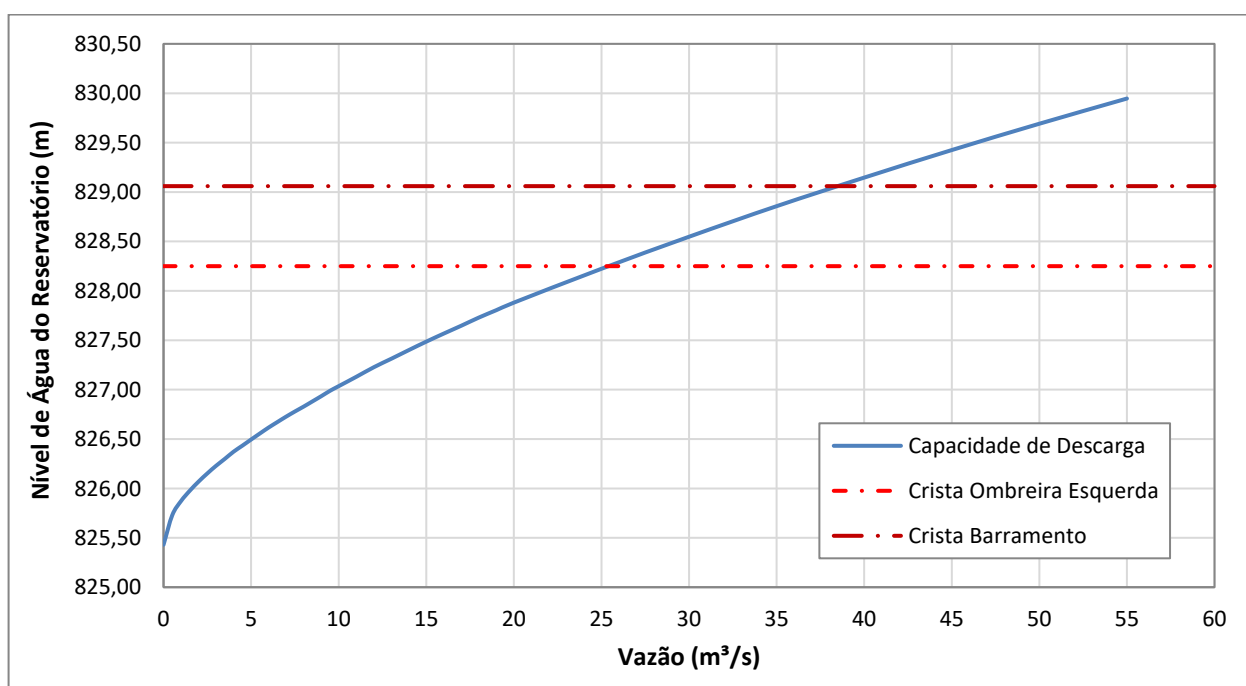


Figura 7.7: Curva de Descarga Atualizada do Vertedouro da Barragem Menezes I.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 28/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Tabela 7.9: Curva de Descarga Atualizada do Vertedouro da Barragem Menezes I.

Vazão (m³/s)	NA do Reservatório (m)	Vazão (m³/s)	NA do Reservatório (m)
0,00	825,42	9,50	826,99
0,50	825,73	10,00	827,04
1,00	825,87	11,00	827,13
1,50	825,98	12,00	827,23
2,00	826,07	13,00	827,31
2,50	826,15	14,00	827,40
3,00	826,23	15,00	827,49
3,50	826,30	16,00	827,57
4,00	826,37	17,00	827,65
4,50	826,43	18,00	827,73
5,00	826,50	19,00	827,80
5,50	826,56	20,00	827,88
6,00	826,62	25,00	828,22
6,50	826,67	30,00	828,55
7,00	826,73	35,00	828,86
7,50	826,78	40,00	829,15
8,00	826,83	45,00	829,43
8,50	826,88	50,00	829,69
9,00	826,93	55,00	829,95

Destaca-se, por fim, que o vertedouro da Barragem Menezes I apresenta capacidade de descarga de 25,41 m³/s, para a cota da crista da ombreira esquerda (El. 828,25 m), e de 38,45 m³/s, com o Nível de Água do reservatório na crista do barramento (El. 829,06 m). Por sua vez, para a cota prevista após a readequação da crista da ombreira esquerda, situada na El. 829,00 m, a capacidade hidráulica é de 37,47 m³/s.

Quanto ao vertedouro da Barragem Menezes II, optou-se por utilizar a curva de descarga definida a partir do estudo de modelagem hidráulica tridimensional com uso do software FLOW-3D, de autoria da Potamos (RL-2023GG-X-00015 – 2021), visto que nesse caso os resultados tendem a ser mais confiáveis do que os obtidos a partir de modelos unidimensionais. Dessa forma, foram utilizados os valores de capacidade de descarga apresentados no documento RL-2023GG-X-00016 (BVP, 2020), efetuando-se apenas a correção das cotas de modo a compatibilizar a referência altimétrica com o levantamento topobatimétrico atualizado pela Rural Tech (1850JJ-V-00014 – 2022), conforme a Tabela 7.10.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 29/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Tabela 7.10: Curva de Descarga do Vertedouro da Barragem Menezes II (Fonte: BVP, 2020).

Vazão (m³/s)	NA do Reservatório (m)		Vazão (m³/s)	NA do Reservatório (m)	
	Base Antiga	Base Atual		Base Antiga	Base Atual
0,00	789,15	789,59	25,00	790,64	791,08
1,00	789,38	789,82	30,00	790,76	791,20
2,00	789,51	789,95	35,00	790,88	791,32
3,00	789,62	790,06	40,00	790,98	791,42
4,00	789,71	790,15	45,00	791,08	791,52
5,00	789,80	790,24	50,00	791,17	791,61
6,00	789,88	790,32	60,00	791,35	791,79
7,00	789,95	790,39	70,00	791,53	791,97
8,00	790,02	790,46	80,00	791,69	792,13
9,00	790,09	790,53	90,00	791,84	792,28
10,00	790,15	790,59	100,00	791,99	792,43
15,00	790,36	790,80	102,00	792,02	792,46
20,00	790,51	790,95			

7.3 MODELO HIDROLÓGICO

Os modelos hidrológicos do cenário atual e futuro da bacia da Barragem Menezes II, utilizados para o estudo de impacto hidrológico e hidráulico, foram estabelecidos com o uso do software HEC-HMS, versão 4.9. O arranjo dos modelos estabelecidos é apresentado nas Figuras 7.8 e 7.9. Vale salientar que para ambos os cenários foram contempladas ainda duas condições de escoamento antecedente, ARC II e ARC III.

Destaca-se ainda que foram considerados os tempos de deslocamento do exutório das sub-bacias SB2 e SB4 aos reservatórios das Barragens Menezes I (BM1, no modelo hidrológico) e Menezes II (BM2), para o cenário atual, e para BM2, no cenário futuro. O cálculo do tempo de deslocamento foi realizado com base no método cinemático, utilizando-se as velocidades dos Canais Oeste e Leste obtidas do relatório RL-2073GG-X-00040 (WALM, 2021) e, para os trechos de talvegue natural, as velocidades médias resultantes do método de Kirpich Modificado, constantes na Tabela 7.7.

Para a avaliação do amortecimento nos reservatórios, foram utilizadas ainda as curvas cota x volume mais recentes das Barragens Menezes I e Menezes II, disponibilizadas nas planilhas “Tabela CxAxV_MenezesI_20-04-2022 com Grafico.xlsx” e “Tabela CxAxV_MenezesII 20-04-2022” (RURAL TECH, 2022). Em todos os cenários, adotou-se o Nível de Água inicial dos reservatórios na cota da soleira dos respectivos vertedouros.

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 30/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

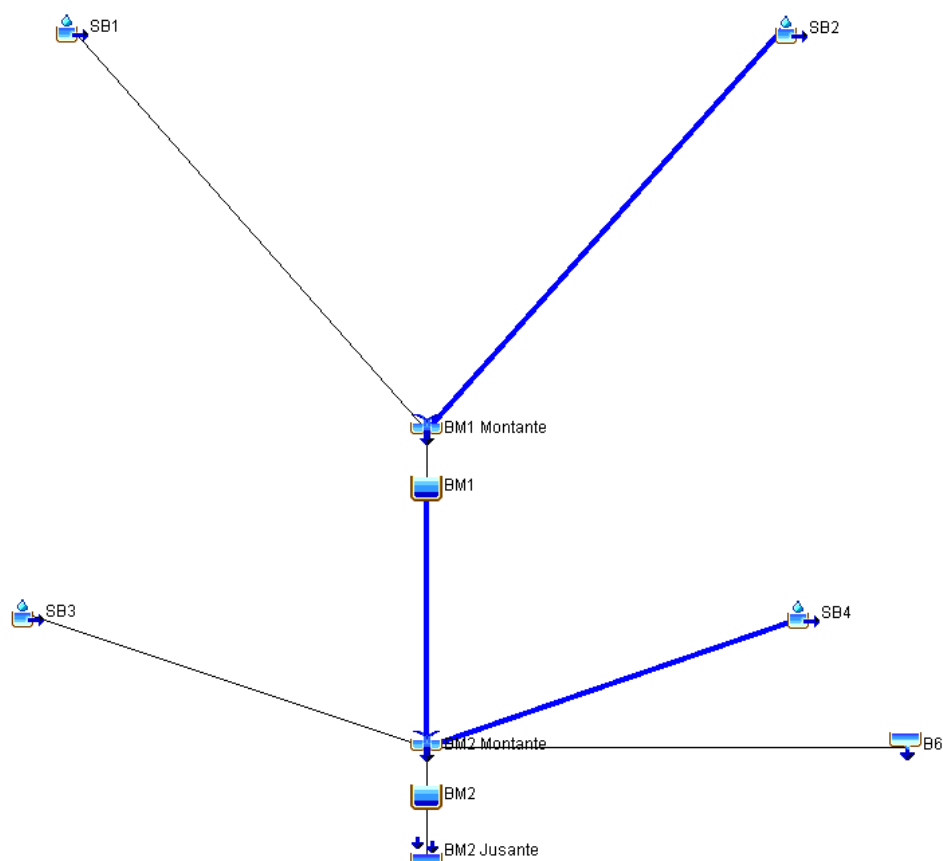


Figura 7.8: Modelo Hidrológico para o Cenário Atual da Bacia da Barragem Menezes II.

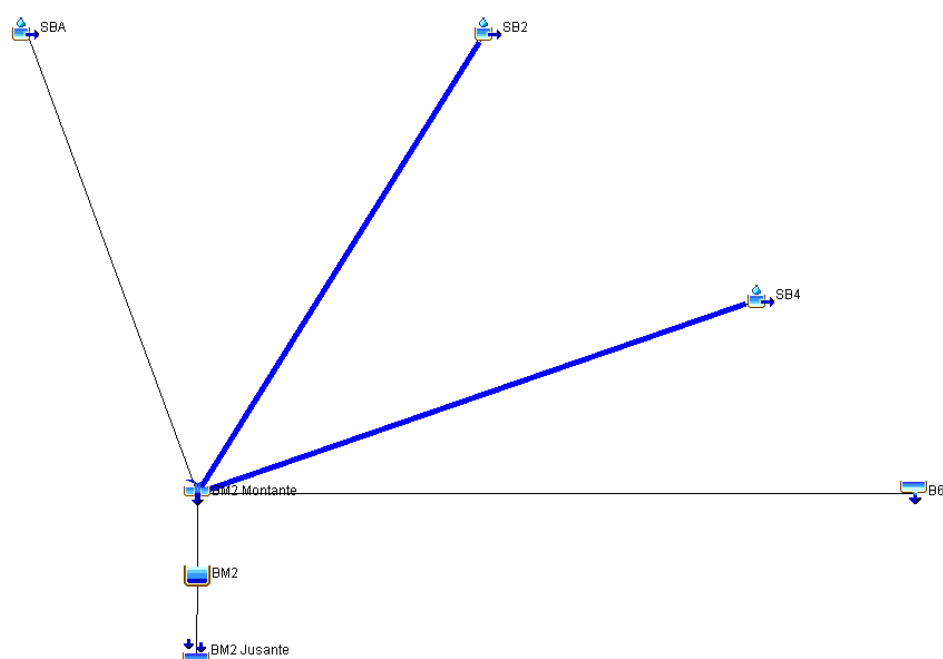


Figura 7.9: Modelo Hidrológico para o Cenário Futuro da Bacia da Barragem Menezes II.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 31/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Pontua-se, por fim, que foi considerado o acréscimo de vazão no reservatório da Barragem Menezes II decorrente do bombeamento a partir da Barragem VI, previsto para ser encerrado no ano de 2026, conforme informado pela VALE. Optou-se por adotar a condição mais crítica possível para a análise, correspondente ao cenário em que ainda seja realizado o bombeamento após a descaracterização da Barragem Menezes I, observando-se ainda a capacidade máxima do sistema de bombeamento em operação, de 2.000 m³/h (0,56 m³/s).

7.4 ESTUDO DE TRÂNSITO DE CHEIAS

O estudo de trânsito de cheias para a avaliação do impacto hidrológico e hidráulico a jusante da Barragem Menezes I buscou contemplar cheias de maior recorrência, com tempo de retorno (TR) de 2 anos, além de cheias extremas, com TR de 100, 1.000 e 10.000 anos, incluindo ainda a Precipitação Máxima Provável (PMP). Com esse objetivo, foram utilizados os quantis de precipitação definidos pela Potamos (POTVAL5009-1-TC-RTE-0016 – 2021) para o local da Mina Córrego do Feijão, com valores exibidos na Tabela 6.2. Ademais, foram avaliados ainda os hidrogramas produzidos por chuvas de diferentes durações, para os tempos de retorno supracitados.

Para a inserção dos hietogramas de precipitação no HEC-HMS, realizou-se a discretização temporal com base no método de Huff, conforme detalhado no item 6.3. Somado a isso, considerou-se ainda que a distribuição espacial da chuva é uniforme na bacia.

Como resultado das simulações de trânsito de cheias, verificou-se que os piores casos para as chuvas com tempo de retorno de 2 anos ocorrem, em geral, para eventos de duração longa, com duração superior a 24 horas. Em contrapartida, para as cheias extremas os piores cenários se dão para chuvas com duração de até 8 horas. Em vista disso, as simulações foram realizadas para durações variando de 30 minutos a 7 dias, para o TR de 2 anos, e de 30 minutos a 12 horas, nos demais casos.

Os resultados obtidos para os cenários atual e futuro, bem como para as condições de umidade ARC II e ARC III, são detalhados nos subitens seguintes.

7.4.1 Cenário Atual – ARC II

As vazões afluentes e defluentes máximas ao reservatório da Barragem Menezes I, para o cenário atual e condição de umidade ARC II, são apresentadas nas Tabelas 7.11 e 7.12 e ilustradas na Figura 7.10, respectivamente, enquanto os eventos de duração crítica são detalhados na Tabela 7.13. Verifica-se, dessa forma, que o reservatório da referida estrutura apresenta baixa capacidade de amortecimento, com redução da vazão defluente de pico em relação à vazão afluente máxima variando de 0% a 28,6%.

Junto a isso, avalia-se ainda que a vazão defluente de pico da Barragem Menezes I é de 30,00 m³/s, produzida a partir do evento de PMP com 2 horas de duração. Nesse cenário, é

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 32/68
			Nº (CONTRATADA)	REV.
			3007-PD-B-RT-G00-0002	0

esperada a ocorrência do galgamento da ombreira esquerda, com o Nível de Água atingindo a cota 828,55 m.

Tabela 7.11: Vazões Afluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes I – Cenário Atual – ARC II.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	0,21	3,69	7,27	11,57	20,82
1 h	0,48	5,75	10,40	15,68	26,85
2 h	0,87	8,38	14,44	21,19	33,69
3 h	1,04	8,68	14,45	20,81	32,00
4 h	1,10	8,25	13,44	19,10	28,97
6 h	1,12	7,15	11,37	15,93	23,63
8 h	1,22	5,50	8,19	10,98	15,43
10 h	1,12	4,82	7,14	9,53	13,34
12 h	1,04	4,31	6,35	8,45	11,75
18 h	1,11				
24 h	0,96				
2 d	1,59				
3 d	1,54				
5 d	1,41				
7 d	1,30				
Máxima	1,59	8,68	14,45	21,19	33,69

Tabela 7.12: Vazões Defluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes I – Cenário Atual – ARC II.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	0,15	2,73	5,61	9,21	17,09
1 h	0,38	4,51	8,43	12,96	22,85
2 h	0,68	6,88	12,24	18,43	30,00⁽¹⁾
3 h	0,84	7,56	13,00	19,06	29,81 ⁽¹⁾
4 h	0,92	7,54	12,58	18,12	27,84 ⁽¹⁾
6 h	0,99	6,85	11,05	15,59	23,31
8 h	1,16	5,44	8,15	10,95	15,40
10 h	1,08	4,79	7,11	9,50	13,32
12 h	1,01	4,29	6,33	8,43	11,73
18 h	1,09				
24 h	0,94				
2 d	1,54				
3 d	1,52				
5 d	1,41				
7 d	1,30				
Máxima	1,54	7,56	13,00	19,06	30,00

Nota: (1) Até a conclusão das obras de readequação da crista do Barramento para a El. 829,00 m, prevista para o mês de junho de 2022, há possibilidade de galgamento da Barragem Menezes I pela ombreira esquerda.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 33/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

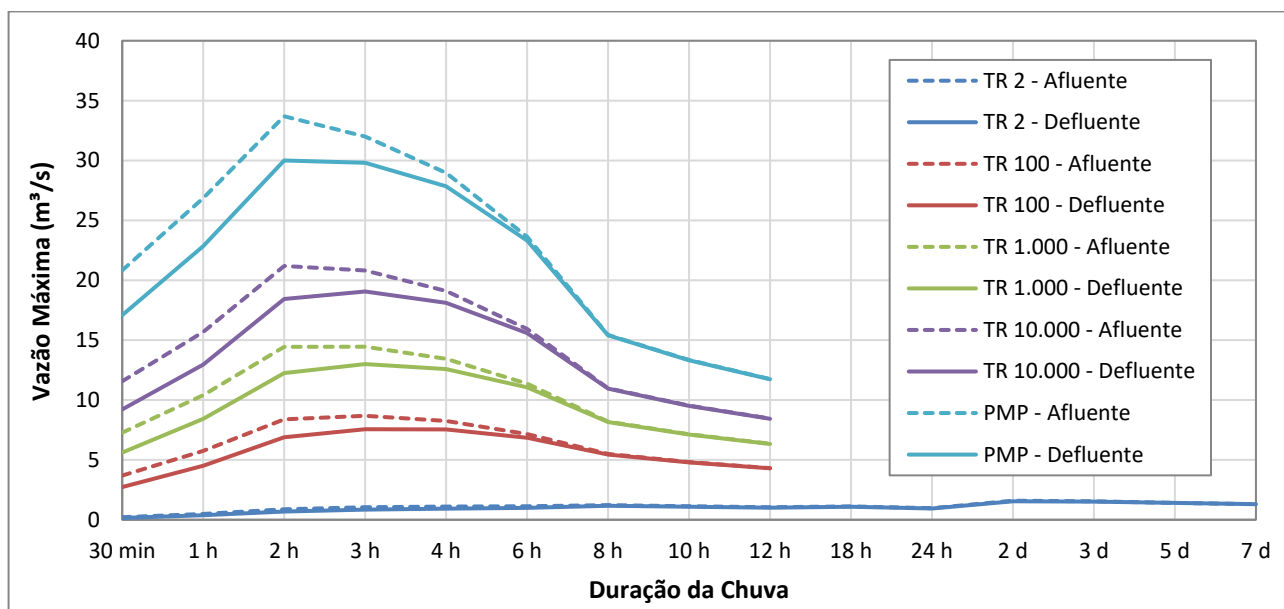


Figura 7.10: Vazões Afluentes e Defluentes Máximas (m^3/s) – Barragem Menezes I – Cenário Atual – ARC II.

Tabela 7.13: Durações Críticas para os Eventos de Cheia com diferentes Tempos de Retorno – Barragem Menezes I – Cenário Atual – ARC II

Parâmetro	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
Duração Crítica	2 d	3 h	3 h	3 h	2 h
Altura de precipitação (m)	122,8	118,0	148,3	177,8	195
Elevação da Soleira do Vertedouro (m)	825,42				
Elevação da Crista da Ombreira Esquerda (m) ⁽¹⁾	828,25				
Elevação da Crista da Barragem (m)	829,06				
Vazão Máxima Afluente (m^3/s)	1,59	8,68	14,45	20,81	33,69
Vazão Máxima Defluente (m^3/s)	1,54	7,56	13,00	19,06	30,00
Amortecimento (%)	3,14	12,90	10,03	8,41	10,95
Nível de Água Máximo Atingido (m)	825,99	826,79	827,31	827,80	828,55
Borda Livre frente à Crista da Ombreira Esquerda (m)	2,26	1,46	0,94	0,45	-0,30
Borda Livre frente à Crista da Barragem (m)	3,07	2,27	1,75	1,26	0,51

Nota: (1) Prevista para o mês de junho de 2022 a realização de obras de readequação da crista da Ombreira Esquerda da Barragem Menezes I para a El. 829,00 m.

Por sua vez, as vazões afluentes e defluentes máximas ao reservatório da Barragem Menezes II, para o mesmo cenário, são apresentadas nas Tabelas 7.14 e 7.15 e ilustradas na Figura 7.11, respectivamente, enquanto os eventos de duração crítica são detalhados na Tabela 7.16. Nesse caso, avalia-se que a capacidade de amortecimento do reservatório varia de 1,6%, para a cheia resultante da PMP de 12 horas, a 78,8%, para a cheia com TR de 100 anos e duração de 30 minutos.

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 34/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Tabela 7.14: Vazões Afluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Atual – ARC II.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	0,93	7,04	12,67	19,23	33,53
1 h	1,58	10,95	18,77	27,78	46,62
2 h	2,51	16,28	27,60	40,30	64,32
3 h	2,94	18,36	30,70	44,48	69,36
4 h	3,18	19,03	31,33	45,01	69,18
6 h	3,36	18,47	29,40	41,35	61,60
8 h	3,80	15,28	22,53	30,01	41,91
10 h	3,59	13,56	19,77	26,17	36,36
12 h	3,39	12,22	17,69	23,31	32,10
18 h	3,60				
24 h	3,17				
2 d	4,74				
3 d	4,69				
5 d	4,37				
7 d	4,07				
Máxima	4,74	19,03	31,33	45,01	69,36

Tabela 7.15: Vazões Defluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Atual – ARC II.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	0,56	1,49	3,19	5,58	12,07
1 h	0,56	3,55	6,79	11,06	23,77
2 h	0,56	6,60	12,27	20,76	38,73
3 h	1,31	7,93	14,85	25,03	44,38
4 h	1,49	8,61	16,46	27,23	47,05
6 h	1,67	9,35	17,88	28,52	46,99
8 h	2,32	11,57	19,38	27,56	40,01
10 h	2,39	11,02	17,93	24,89	35,37
12 h	2,41	10,38	16,52	22,60	31,58
18 h	2,78				
24 h	2,63				
2 d	4,10				
3 d	4,16				
5 d	3,97				
7 d	3,83				
Máxima	4,16	11,57	19,38	28,52	47,05

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 35/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

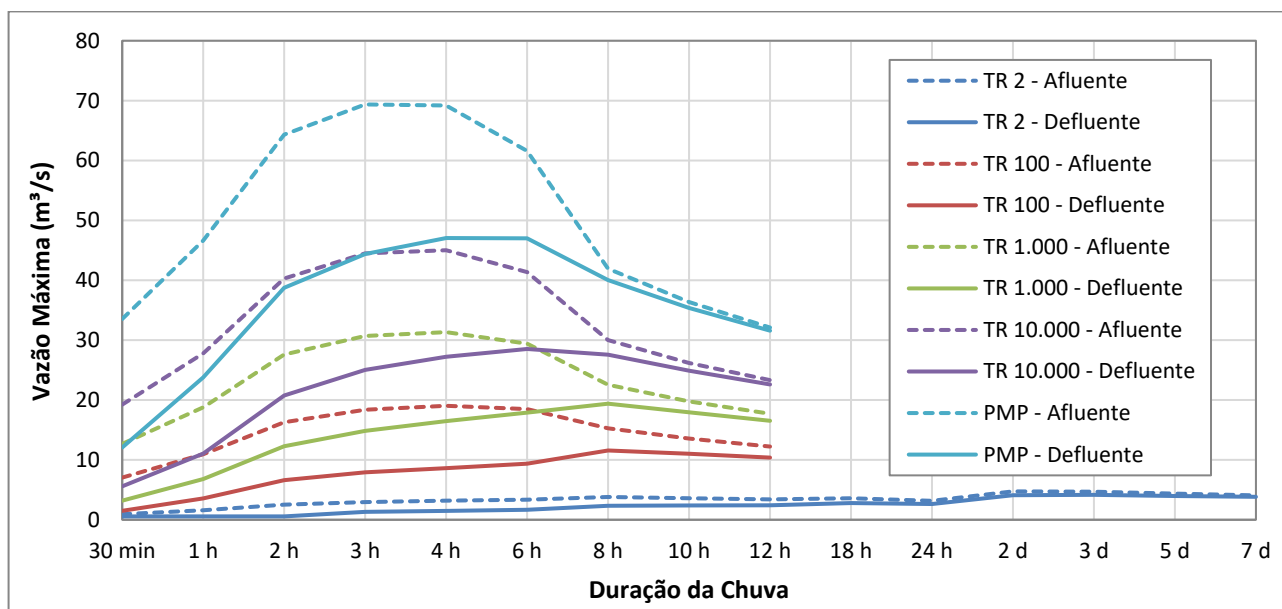


Figura 7.11: Vazões Afluentes e Defluentes Máximas (m^3/s) – Barragem Menezes II – Cenário Atual – ARC II.

Tabela 7.16: Durações Críticas para os Eventos de Cheia com diferentes Tempos de Retorno – Barragem Menezes II – Cenário Atual – ARC II

Parâmetro	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
Duração Crítica	3 d	8 h	8 h	6 h	4 h
Altura de precipitação (m)	150,1	153,7	194,7	218,5	247
Elevação da Soleira do Vertedouro (m)	789,59				
Elevação da Crista da Barragem (m)	792,60				
Vazão Máxima Afluente (m^3/s)	4,69	15,28	22,53	41,35	69,18
Vazão Máxima Defluente (m^3/s)	4,16	11,57	19,38	28,52	47,05
Amortecimento (%)	11,30	24,28	13,98	31,03	31,99
Nível de Água Máximo Atingido (m)	790,16	790,66	790,93	791,16	791,56
Borda Livre frente à Crista da Barragem (m)	2,44	1,94	1,67	1,44	1,04

Junto a isso, destaca-se ainda que o cenário mais crítico, referente à PMP com 4 horas de duração, resultou nas vazões afluente e defluente de pico de $69,18 \text{ m}^3/\text{s}$ e $47,05 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente.

7.4.2 Cenário Atual – ARC III

As vazões afluentes e defluentes máximas ao reservatório da Barragem Menezes I, para o cenário atual e condição de umidade ARC III, são apresentadas nas Tabelas 7.17 e 7.18 e ilustradas na Figura 7.12, respectivamente, enquanto os eventos de duração crítica são detalhados na Tabela 7.19. Verifica-se, dessa forma, que o reservatório da referida estrutura apresenta baixa capacidade de amortecimento, com redução da vazão defluente de pico em relação à vazão afluente máxima variando de 0% a 27,8%.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA
			RL-1850JJ-G-31061	36/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Cabe destacar que a condição de umidade ARC III resulta em vazões afluentes e defluentes consideravelmente superiores aos resultados do cenário anterior (subitem 7.4.1), com aumento de 72,8% da vazão defluente mais crítica, passando de 30,00 m³/s para 51,84 m³/s. Ressalta-se que nesse caso é esperado o galgamento total da Barragem Menezes I.

Tabela 7.17: Vazões Afluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes I – Cenário Atual – ARC III.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	3,27	15,21	23,00	31,07	46,24
1 h	4,58	18,90	27,62	36,32	53,04
2 h	5,81	21,47	30,88	40,43	56,74
3 h	5,65	19,56	27,84	36,27	50,12
4 h	5,19	17,23	24,43	31,76	43,79
6 h	4,33	13,74	19,42	25,27	34,67
8 h	3,13	8,57	11,63	14,69	19,44
10 h	2,71	7,34	9,94	12,54	16,62
12 h	2,41	6,45	8,73	11,01	14,52
18 h	2,45				
24 h	1,99				
2 d	2,69				
3 d	2,34				
5 d	1,92				
7 d	1,67				
Máxima	5,81	21,47	30,88	40,43	56,74

Tabela 7.18: Vazões Defluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes I – Cenário Atual – ARC III.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	2,36	12,05	18,77	25,83 ⁽¹⁾	39,03 ⁽²⁾
1 h	3,45	15,60	23,40	31,18 ⁽¹⁾	46,07 ⁽²⁾
2 h	4,64	18,80	27,59⁽¹⁾	36,46⁽¹⁾	51,84⁽²⁾
3 h	4,81	17,98	26,04 ⁽¹⁾	34,10 ⁽¹⁾	47,50 ⁽²⁾
4 h	4,67	16,39	23,47	30,57 ⁽¹⁾	42,25 ⁽²⁾
6 h	4,12	13,46	19,05	24,77	33,92 ⁽¹⁾
8 h	3,10	8,55	11,60	14,67	19,42
10 h	2,69	7,33	9,93	12,53	16,59
12 h	2,39	6,44	8,71	10,98	14,50
18 h	2,44				
24 h	1,99				
2 d	2,64				
3 d	2,33				
5 d	1,92				
7 d	1,67				
Máxima	4,81	18,80	27,59	36,46	51,84

Notas: (1) Até a conclusão das obras de readequação da crista do Barramento para a El. 829,00 m, prevista para o mês de junho de 2022, há possibilidade de galgamento da Barragem Menezes I pela ombreira esquerda.

(2) Previsto o galgamento total da Barragem Menezes I.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 37/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

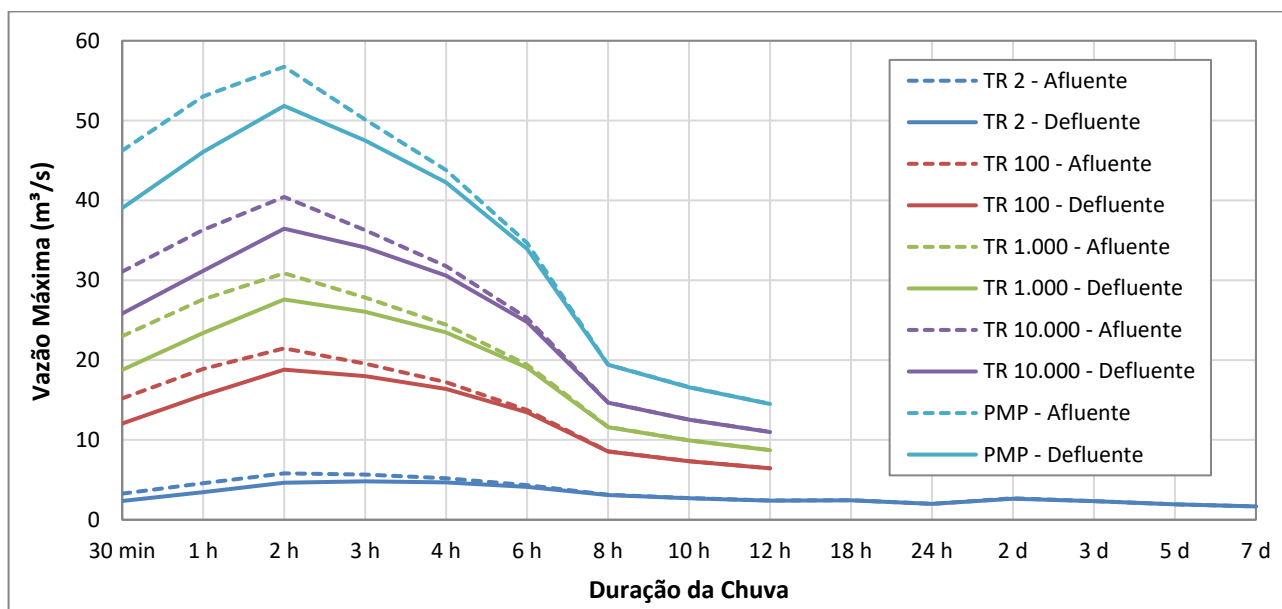


Figura 7.12: Vazões Afluentes e Defluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes I – Cenário Atual – ARC III.

Tabela 7.19: Durações Críticas para os Eventos de Cheia com diferentes Tempos de Retorno – Barragem Menezes I – Cenário Atual – ARC III

Parâmetro	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
Duração Crítica	3 h	2 h	2 h	2 h	2 h
Altura de precipitação (m)	59,9	103,2	129,1	154,0	195
Elevação da Soleira do Vertedouro (m)	825,42				
Elevação da Crista da Ombreira Esquerda (m) ⁽¹⁾	828,25				
Elevação da Crista da Barragem (m)	829,06				
Vazão Máxima Afluente (m³/s)	5,65	21,47	30,88	40,43	56,74
Vazão Máxima Defluente (m³/s)	4,81	18,80	27,59	36,46	51,84
Amortecimento (%)	14,87	12,44	10,65	9,82	8,64
Nível de Água Máximo Atingido (m)	826,47	827,79	828,39	828,94	829,79
Borda Livre frente à Crista da Ombreira Esquerda (m)	1,78	0,46	-0,14	-0,69	-1,54
Borda Livre frente à Crista da Barragem (m)	2,59	1,27	0,67	0,12	-0,73

Nota: (1) Prevista para o mês de junho de 2022 a realização de obras de readequação da crista da Ombreira Esquerda da Barragem Menezes I para a El. 829,00 m.

Por sua vez, as vazões afluentes e defluentes máximas ao reservatório da Barragem Menezes II, para o mesmo cenário, são apresentadas nas Tabelas 7.20 e 7.21 e ilustradas na Figura 7.13, respectivamente, enquanto os eventos de duração crítica são detalhados na Tabela 7.22. Nesse caso, avalia-se que a capacidade de amortecimento do reservatório varia de 0,8%, para a cheia resultante da PMP de 12 horas, a 79,3%, para a cheia com TR de 2 anos e duração de 30 minutos.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA
			RL-1850JJ-G-31061	38/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Tabela 7.20: Vazões Afluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Atual – ARC III.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	5,71	23,05	34,55	46,67	70,04
1 h	8,08	31,06	45,29	59,88	87,27
2 h	10,76	39,70	57,69	76,28	107,86
3 h	11,70	41,57	59,94	78,86	109,79
4 h	11,86	40,54	57,85	75,58	104,30
6 h	11,16	35,45	49,82	64,57	87,86
8 h	8,81	23,35	31,44	39,56	52,16
10 h	7,78	20,10	27,00	33,93	44,62
12 h	6,98	17,74	23,77	29,83	39,06
18 h	7,11				
24 h	5,90				
2 d	7,50				
3 d	6,73				
5 d	5,67				
7 d	5,01				
Máxima	11,86	41,57	59,94	78,86	109,79

Tabela 7.21: Vazões Defluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Atual – ARC III.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	1,18	7,25	12,85	20,82	37,86
1 h	2,42	12,71	22,27	32,78	54,10
2 h	3,99	19,61	32,92	47,36	71,67
3 h	4,58	22,32	36,46	51,82	76,39
4 h	4,90	23,47	37,65	52,74	76,72
6 h	5,21	23,63	36,76	50,56	71,57
8 h	6,19	21,36	29,95	38,28	50,99
10 h	5,95	19,03	26,27	33,22	44,02
12 h	5,69	17,11	23,35	29,44	38,74
18 h	6,00				
24 h	5,31				
2 d	6,45				
3 d	5,91				
5 d	5,21				
7 d	4,75				
Máxima	6,45	23,63	37,65	52,74	76,72

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 39/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

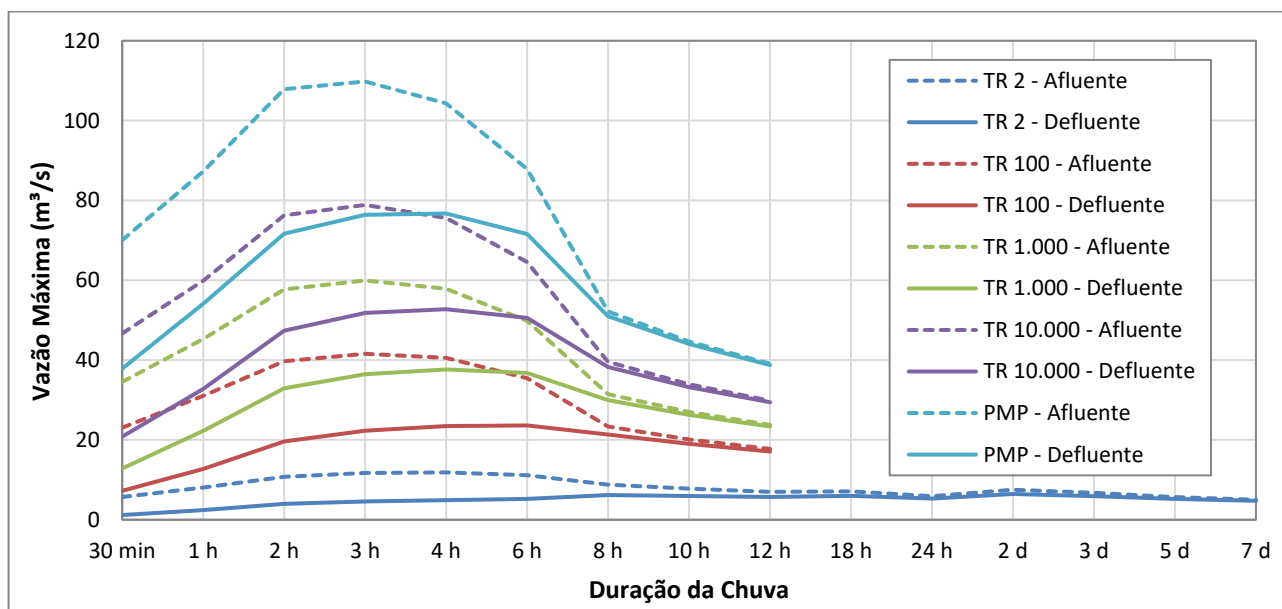


Figura 7.13: Vazões Afluentes e Defluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Atual – ARC III.

Tabela 7.22: Durações Críticas para os Eventos de Cheia com diferentes Tempos de Retorno – Barragem Menezes II – Cenário Atual – ARC III

Parâmetro	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
Duração Crítica	2 d	6 h	4 h	4 h	4 h
Altura de precipitação (m)	122,8	143,2	161,9	194,7	247
Elevação da Soleira do Vertedouro (m)	789,59				
Elevação da Crista da Barragem (m)	792,60				
Vazão Máxima Afluente (m³/s)	7,50	35,45	57,85	75,58	104,30
Vazão Máxima Defluente (m³/s)	6,45	23,63	37,65	52,74	76,72
Amortecimento (%)	14,00	33,34	34,92	30,22	26,44
Nível de Água Máximo Atingido (m)	790,35	791,04	791,37	791,66	792,08
Borda Livre frente à Crista da Barragem (m)	2,25	1,56	1,23	0,94	0,52

Junto a isso, destaca-se ainda que o cenário mais crítico, referente à PMP com 4 horas de duração, resultou nas vazões afluente e defluente de pico de 104,30 m³/s e 76,72 m³/s, respectivamente, como exibido na Figura 7.14. Verifica-se, portanto, um aumento de 63,1% da intensidade da cheia defluente máxima em comparação ao resultado do cenário atual com condição de umidade ARC II. Ademais, obteve-se o Nível de Água máximo na El. 792,08 m, com Borda Livre de 0,52 m em relação à crista do barramento, situada na El. 792,60 m.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA
			RL-1850JJ-G-31061	40/68
			Nº (CONTRATADA)	REV.
			3007-PD-B-RT-G00-0002	0

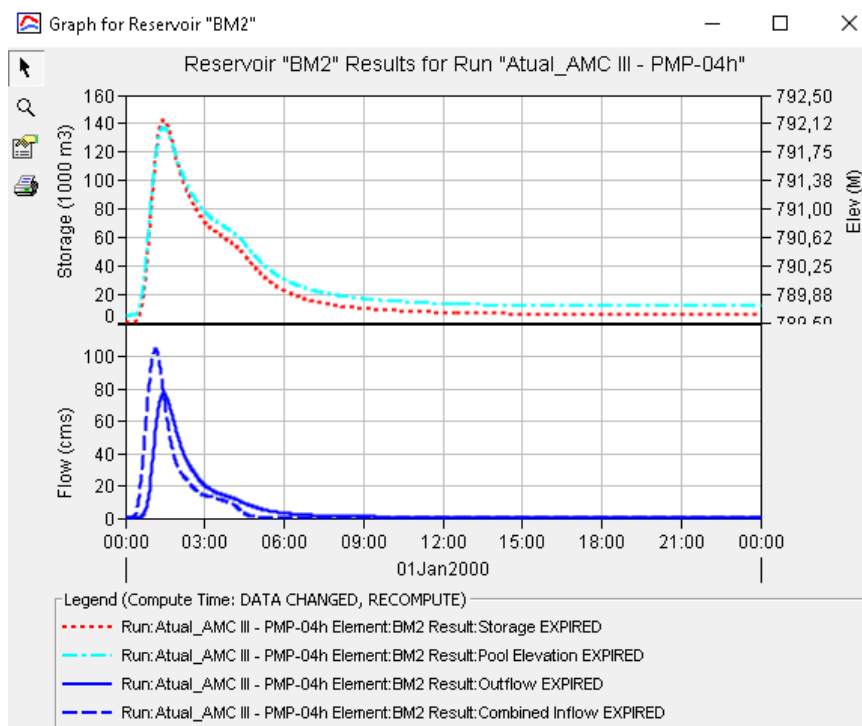


Figura 7.14: Resultado do Trânsito de Cheias – Barragem Menezes II – Cenário Atual – ARC III.

7.4.3 Cenário Futuro – ARC II

As vazões afluentes e defluentes máximas ao reservatório da Barragem Menezes II, para o cenário futuro e condição de umidade ARC II, são apresentadas nas Tabelas 7.23 e 7.24 e ilustradas na Figura 7.15, respectivamente, enquanto os eventos de duração crítica são detalhados na Tabela 7.28. Nesse caso, avalia-se que a capacidade de amortecimento do reservatório varia de 1,6%, para a cheia resultante da PMP de 12 horas, a 83,2%, para a cheia com TR de 100 anos e duração de 30 minutos.

Junto a isso, destaca-se ainda que o cenário mais crítico, referente à PMP com 4 horas de duração, resultou nas vazões afluente e defluente de pico de 74,91 m³/s e 49,21 m³/s, respectivamente.

Quanto à variação em comparação ao cenário atual com condição de umidade ARC II, contata-se que a descaracterização da Barragem Menezes I resulta no aumento da vazão afluente máxima variando de 3,0%, para as cheias com TR de 2 anos, a 16,3%, para as cheias com TR de 100 anos. Por outro lado, em função da capacidade de amortecimento considerável do reservatório da Barragem Menezes II, o aumento das vazões defluentes máximas foi menos significativo, variando de 0,2%, para as cheias com TR de 2 anos, a 4,6%, para as cheias produzidas pela PMP.

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 41/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Tabela 7.23: Vazões Afluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Futuro – ARC II.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	1,06	9,50	17,57	26,99	46,68
1 h	1,80	14,55	25,00	36,59	60,64
2 h	2,86	20,77	34,66	50,05	78,39
3 h	3,38	22,14	36,22	51,72	79,06
4 h	3,58	21,78	35,09	49,61	74,91
6 h	3,66	19,71	30,91	43,03	63,51
8 h	3,97	15,48	22,71	30,19	42,09
10 h	3,70	13,68	19,88	26,29	36,47
12 h	3,47	12,30	17,75	23,37	32,19
18 h	3,66				
24 h	3,22				
2 d	4,88				
3 d	4,76				
5 d	4,39				
7 d	4,08				
Máxima	4,88	22,14	36,22	51,72	79,06
Variação quanto ao Cenário Atual (ARC II)	3,0	16,3	15,6	14,9	14,0

Tabela 7.24: Vazões Defluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Futuro – ARC II.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	0,56	1,60	3,54	6,16	13,62
1 h	0,56	3,76	7,14	11,69	25,09
2 h	0,94	6,71	12,64	21,60	40,78
3 h	1,31	8,06	15,25	26,10	46,72
4 h	1,48	8,72	17,00	28,33	49,21
6 h	1,67	9,53	18,39	29,49	48,59
8 h	2,33	11,74	19,70	27,92	40,35
10 h	2,40	11,17	18,16	25,11	35,56
12 h	2,42	10,51	16,67	22,72	31,68
18 h	2,79				
24 h	2,64				
2 d	4,12				
3 d	4,17				
5 d	3,99				
7 d	3,85				
Máxima	4,17	11,74	19,70	29,49	49,21
Variação quanto ao Cenário Atual (ARC II)	0,2	1,5	1,7	3,4	4,6

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 42/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

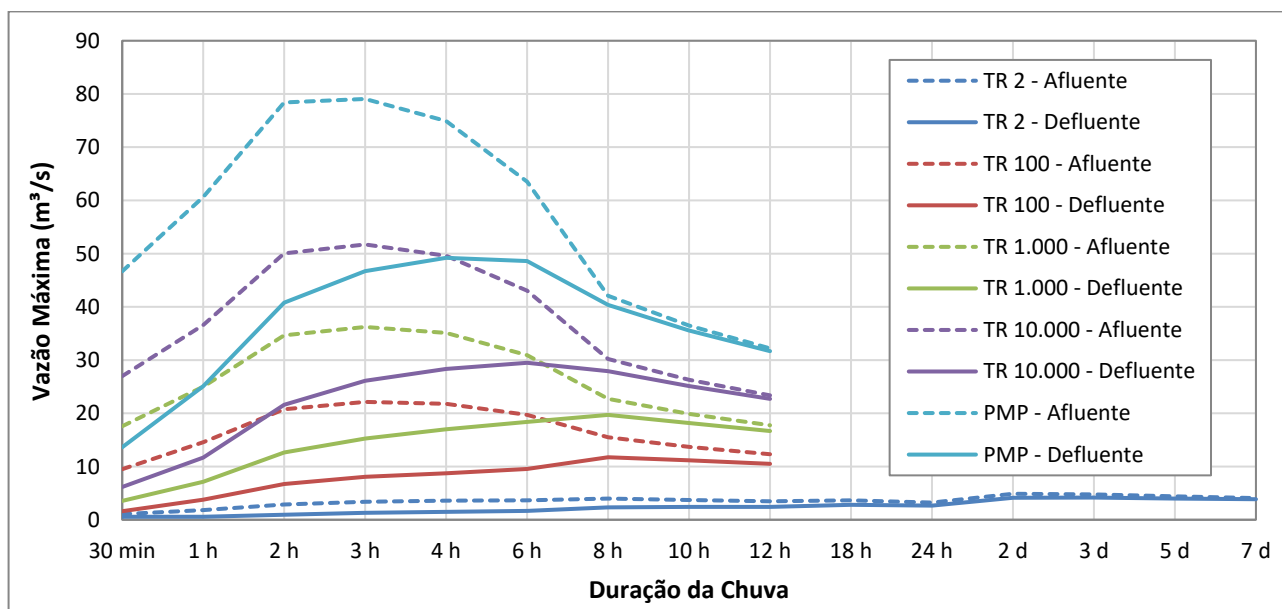


Figura 7.15: Vazões Afluentes e Defluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Futuro – ARC II.

Tabela 7.25: Durações Críticas para os Eventos de Cheia com diferentes Tempos de Retorno – Barragem Menezes II – Cenário Futuro – ARC II

Parâmetro	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
Duração Crítica	3 d	8 h	8 h	6 h	4 h
Altura de precipitação (m)	150,1	153,7	194,7	218,5	247
Elevação da Soleira do Vertedouro (m)	789,59				
Elevação da Crista da Barragem (m)	792,60				
Vazão Máxima Afluente (m³/s)	4,76	15,48	22,71	43,03	74,91
Vazão Máxima Defluente (m³/s)	4,17	11,74	19,70	29,49	49,21
Amortecimento (%)	12,39	24,16	13,25	31,47	34,31
Nível de Água Máximo Atingido (m)	790,17	790,66	790,94	791,19	791,60
Borda Livre frente à Crista da Barragem (m)	2,43	1,94	1,66	1,41	1,00

7.4.4 Cenário Futuro – ARC III

As vazões afluentes e defluentes máximas ao reservatório da Barragem Menezes II, para o cenário futuro e condição de umidade ARC III, são apresentadas nas Tabelas 7.26 e 7.27 e ilustradas na Figura 7.16, respectivamente, enquanto os eventos de duração crítica são detalhados na Tabela 7.28. Nesse caso, avalia-se que a capacidade de amortecimento do reservatório varia de 0,8%, para a cheia resultante da PMP de 12 horas, a 84,2%, para a cheia com TR de 2 anos e duração de 30 minutos.

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 43/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Tabela 7.26: Vazões Afluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Futuro – ARC III.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	7,85	32,58	48,28	64,35	94,39
1 h	10,91	41,13	59,11	77,16	111,22
2 h	13,87	48,98	70,09	91,49	128,07
3 h	14,11	47,68	67,77	88,17	121,73
4 h	13,50	44,04	62,23	80,68	110,84
6 h	11,82	36,55	51,27	66,27	90,27
8 h	8,87	23,35	31,45	39,56	52,14
10 h	7,79	20,09	26,98	33,90	44,61
12 h	6,98	17,72	23,74	29,78	39,04
18 h	7,09				
24 h	5,88				
2 d	7,64				
3 d	6,78				
5 d	5,67				
7 d	5,01				
Máxima	14,11	48,98	70,09	91,49	128,07
Variação quanto ao Cenário Atual (ARC III)	19,0	17,8	16,9	16,0	16,6

Tabela 7.27: Vazões Defluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Futuro – ARC III.

Duração	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
30 min	1,24	7,90	14,27	23,51	42,63
1 h	2,50	13,21	23,46	34,71	58,08
2 h	3,99	20,32	34,44	50,11	76,29
3 h	4,60	23,16	38,23	54,37	80,35
4 h	4,90	24,26	39,16	54,81	79,77
6 h	5,24	24,27	37,76	51,71	73,05
8 h	6,21	21,50	30,04	38,35	51,03
10 h	5,96	19,07	26,28	33,21	44,02
12 h	5,70	17,11	23,33	29,42	38,72
18 h	6,01				
24 h	5,30				
2 d	6,45				
3 d	5,91				
5 d	5,23				
7 d	4,76				
Máxima	6,45	24,27	39,16	54,81	80,35
Variação quanto ao Cenário Atual (ARC III)	0,0	2,7	4,0	3,9	4,7

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA
			RL-1850JJ-G-31061	44/68
			Nº (CONTRATADA)	REV.
			3007-PD-B-RT-G00-0002	0

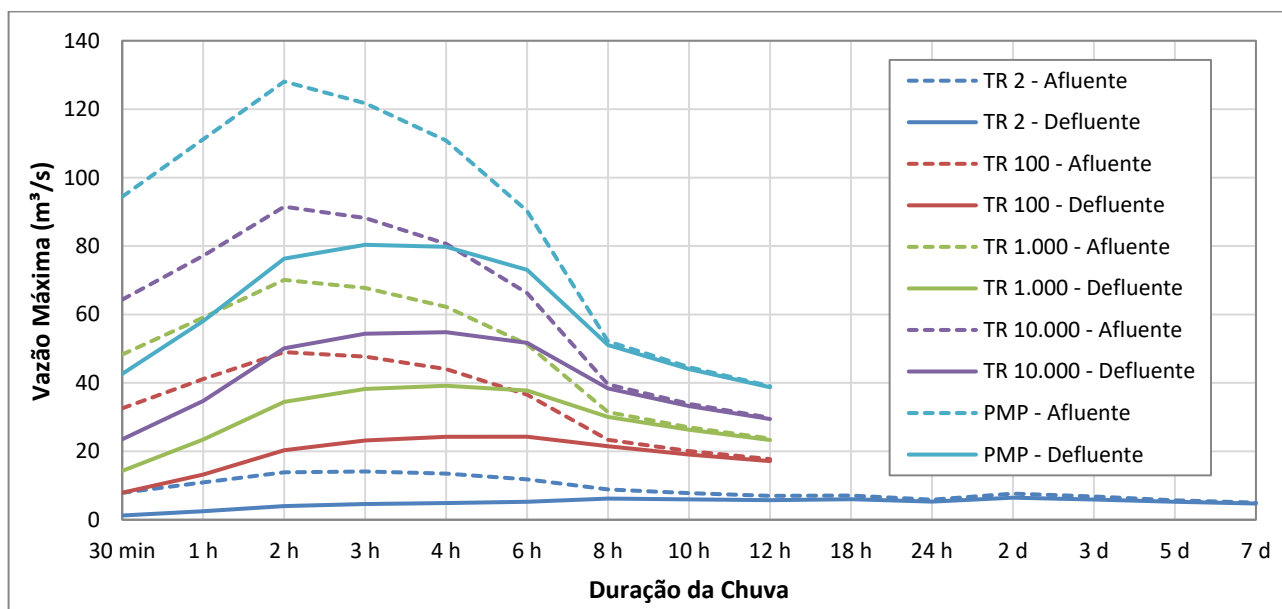


Figura 7.16: Vazões Afluentes e Defluentes Máximas (m³/s) – Barragem Menezes II – Cenário Futuro – ARC III.

Tabela 7.28: Durações Críticas para os Eventos de Cheia com diferentes Tempos de Retorno – Barragem Menezes II – Cenário Futuro – ARC III

Parâmetro	TR 2	TR 100	TR 1.000	TR 10.000	PMP
Duração Crítica	2 d	6 h	4 h	4 h	3 h
Altura de precipitação (m)	122,8	143,2	161,9	194,7	225
Elevação da Soleira do Vertedouro (m)	789,59				
Elevação da Crista da Barragem (m)	792,60				
Vazão Máxima Afluente (m³/s)	7,64	36,55	62,23	80,68	121,73
Vazão Máxima Defluente (m³/s)	6,45	24,27	39,16	54,81	80,35
Amortecimento (%)	15,58	33,60	37,07	32,06	33,99
Nível de Água Máximo Atingido (m)	790,35	791,06	791,40	791,70	792,14
Borda Livre frente à Crista da Barragem (m)	2,25	1,54	1,20	0,90	0,46

Junto a isso, destaca-se ainda que o cenário mais crítico, referente à PMP com 3 horas de duração, resultou nas vazões afluente e defluente de pico de 121,73 m³/s e 80,35 m³/s, respectivamente, como exibido na Figura 7.17. Verifica-se, portanto, um aumento de 63,3% da intensidade da cheia defluente máxima em comparação ao resultado do cenário futuro com condição de umidade ARC II. Ademais, obteve-se o Nível de Água máximo na El. 792,14 m, com Borda Livre de 0,46 m em relação à crista do barramento, situada na El. 792,60 m.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA
			RL-1850JJ-G-31061	45/68
			Nº (CONTRATADA)	REV.
			3007-PD-B-RT-G00-0002	0

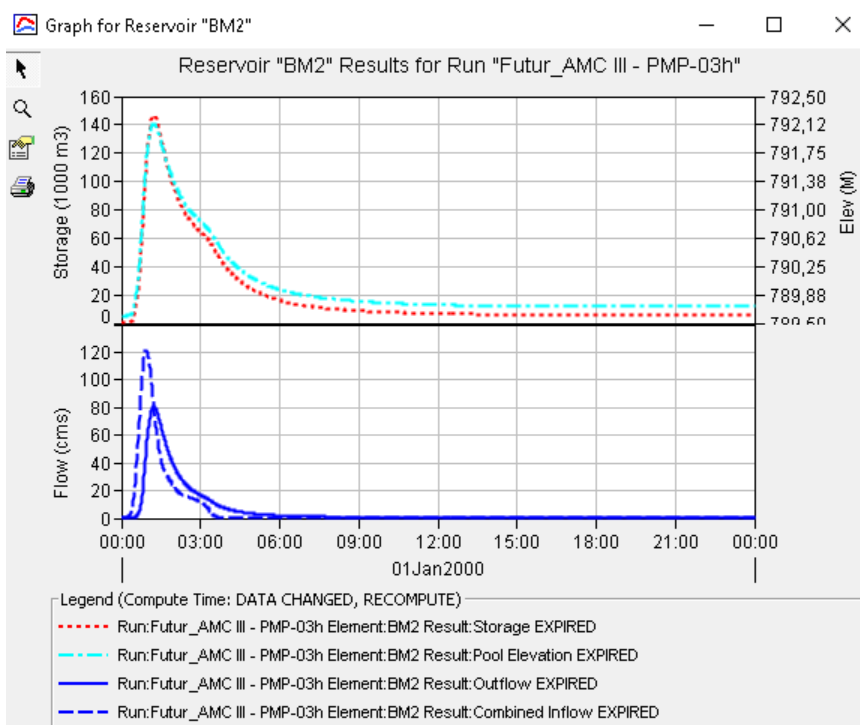


Figura 7.17: Resultado do Trânsito de Cheias – Barragem Menezes II – Cenário Futuro – ARC III.

Quanto à variação em comparação ao cenário atual com condição de umidade ARC III, constata-se que a descaracterização da Barragem Menezes I resulta no aumento da vazão afluente máxima variando de 16,0%, para as cheias com TR de 1.000 anos, a 19,0%, para as cheias com TR de 2 anos. Por outro lado, em função da capacidade de amortecimento considerável do reservatório da Barragem Menezes II, não foi verificado aumento das vazões defluentes máximas para as cheias com TR de 2 anos. Para as cheias extremas, por sua vez, o aumento da vazão defluente máxima variou de 2,7%, para as cheias com TR de 100 anos, a 4,7%, para as cheias produzidas pela PMP.

7.4.5 Discussão dos Resultados

Com base no estudo de trânsito de cheias para os cenários atual e futuro da bacia da Barragem Menezes II, constata-se que o reservatório da Barragem Menezes I apresenta uma capacidade pequena para o amortecimento de cheias, independentemente da condição de umidade do solo considerada. Nesse sentido, foram observadas reduções de 0% a aproximadamente 28% das vazões defluentes de pico em relação às respectivas vazões afluente máximas. Salienta-se que as menores capacidades de amortecimento se dão para os eventos de precipitação de maior duração e, conseqüentemente, de maior volume.

Em contrapartida, avalia-se que a Barragem Menezes II apresenta, no cenário atual, capacidade considerável para reduzir as vazões defluentes de pico, considerando os hidrogramas de cheia com durações de até 6 horas. Para os eventos de maior duração, por sua vez, o amortecimento tende a ser menor, verificando-se uma redução de apenas 0,8% no

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 46/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

caso da cheia produzida pela PMP com duração de 12 horas. Cabe ponderar, todavia, que os eventos de maior duração resultam em vazões afluentes de menor intensidade.

Quanto ao cenário futuro, constata-se que a remoção do reservatório da Barragem Menezes I resulta no aumento das vazões afluentes para todos os tempos de retorno contemplados, variando de 3,0%, para a cheia com TR de 2 anos e condição de umidade ARC II, a 19,0%, para a cheia de mesmo TR e condição de umidade ARC III. Para as cheias extremas, o acréscimo das vazões afluentes é da ordem de 15%, para a condição de umidade ARC II, ou ainda de 17%, para a condição ARC III. Trata-se, portanto, de um aumento apreciável.

A despeito disso, verifica-se que houve um aumento de menor intensidade das vazões defluentes máximas no cenário futuro, chegando a no máximo 4,7%, para a cheia produzida pela PMP com condição de umidade ARC III. Para eventos de maior recorrência, o aumento da vazão defluente máxima foi ínfimo – de 0,2% para a condição de umidade ARC II, ou ainda nulo, para a condição ARC III. Constata-se, portanto, que a intensificação das vazões afluentes prevista para o cenário futuro é atenuada pela capacidade de amortecimento do reservatório da Barragem Menezes II.

Junto a isso, se considerados os Níveis de Água críticos obtidos nas simulações do trânsito de cheias para o reservatório da Barragem Menezes II, observa-se que no cenário futuro há uma sobrelevação adicional de apenas 0,06 m em comparação ao Nível de Água máximo do cenário atual, na cota 792,08 m. Dessa forma, no cenário futuro o Nível de Água máximo equivale à El. 792,14 m, com Borda Livre de 0,46 m em relação à crista da Barragem, situada na El. 792,60 m. Todavia, cabe ponderar que o caso de maior gravidade corresponde à ocorrência da PMP com condição de alta umidade inicial do solo, tratando-se de uma situação excepcional.

Diante disso, avalia-se que o impacto hidrológico e hidráulico decorrente da descaracterização da Barragem Menezes I é pouco significativo para a segurança da Barragem Menezes II, mesmo para o cenário de eventos extremos na bacia.

Cabe pontuar, por fim, que as análises realizadas para o cenário atual indicam a ocorrência do galgamento da Barragem Menezes I. Nesse sentido, para a condição de umidade normal do solo, é esperado que o galgamento se dê exclusivamente pela ombreira esquerda, como consequência dos eventos de cheia produzidos pela PMP com durações de 2 a 4 horas. Todavia, cabe salientar que para o mês de junho de 2022 estão programadas obras de readequação da crista da ombreira esquerda, que será regularizada na El. 829,00 m.

Quanto ao cenário com condição de umidade ARC III, é esperada a ocorrência de galgamento pela ombreira esquerda para cheias com TR maior ou igual a 1.000 anos, a depender da duração do evento, até que sejam concluídas as obras de readequação da crista. Ademais, é previsto o galgamento total do maciço para as cheias produzidas pela PMP com durações de 30 minutos a 4 horas.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 47/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

8.0 ESTUDO DE IMPACTO SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I

O estudo de impacto sedimentológico visa comparar a capacidade de contenção de sedimentos e a estimativa de vida útil do reservatório da Barragem Menezes II para os cenários atual e posterior à descaracterização da Barragem Menezes I. Com esse objetivo, efetuou-se o cálculo da taxa de aporte de sedimentos das estruturas supracitadas com base nas curvas cota x volume disponibilizadas pela VALE e em valores médios teóricos recomendados na literatura, para ambos os cenários contemplados. Junto a isso, considerou-se ainda o histórico de ocorrências relacionados aos reservatórios de interesse para o presente estudo, conforme detalhado nos itens subsequentes.

8.1 CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME E MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO DISPONIBILIZADOS

Foram disponibilizadas pela VALE curvas cota x área x volume e modelos digitais de elevação (MDE) dos reservatórios das Barragens Menezes I e Menezes II para o período de julho de 2020 a abril de 2022, estabelecidos a partir de levantamentos batimétricos efetuados pelas empresas Cepemar e Rural Tech, e contemplando diferentes intervalos de cotas, conforme indicado na Tabela 8.1.

Tabela 8.1: Curvas Cota x Área x Volume e Modelos Digitais de Elevação Disponibilizados.

Nº do Documento	Data do Arquivo	Data do Levantamento	Empresa responsável	Curva Cota x Área x Volume	Cota Mínima	Cota Máxima
-	07/2020	03/07/2020	Cepemar Soluções Ambientais	Arquivo "MDE50cm_Bat2020_Re v01.tif"	822,02	830,37
-	07/2020	03/07/2020	Cepemar Soluções Ambientais	Planilha "Tabela CxAxV_MenezesI_2020-VALE com Grafico.xlsx"	824,06	827,00
-	04/2021	15/04/2021	Cepemar Soluções Ambientais	Arquivo "MDE50cm_Bat2021_Re v01.tif"	824,45	829,50
-	04/2021	15/04/2021	Cepemar Soluções Ambientais	Planilha "Tabela CxAxV_MenezesI_2021-VALE com Grafico.xlsx"	824,53	827,00
-	07/2021	28/05/2021 a 27/06/2021 ⁽¹⁾	Rural Tech	Arquivo "MDE20cm_MENII_Rev0 0_msk.tif"	770,29	807,75
-	08/2021	08/2021 ⁽²⁾	Rural Tech	Planilha "Tabela CxAxV_MenezesI_08-2021 com Grafico.xlsx"	824,76	829,05
-	11/2021	11/2021 ⁽²⁾	Rural Tech	Planilha "Tabela CxAxV_MenezesI_11-2021 com Grafico"	825,38	829,05

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 48/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Nº do Documento	Data do Arquivo	Data do Levantamento	Empresa responsável	Curva Cota x Área x Volume	Cota Mínima	Cota Máxima
-	12/2021	02/12/2021	Rural Tech	Planilha "Tabela CxAxV_MenezesI_02-12-2021 com Grafico"	825,46	829,05
-	12/2021	20/12/2021	Rural Tech	Planilha "Tabela CxAxV_MenezesI_20-12-2021 com Grafico"	825,42	829,05
-	01/2022	14/01/2022	Rural Tech	Planilha "Tabela CxAxV_MenezesI_14-01-2022 com Grafico.xlsx"	825,49	829,05
-	04/2022	07/04/2022 ⁽³⁾	Rural Tech	Arquivo "MDE15cm_MENI_07-04-2022.tif"	806,92	879,10
-	04/2022	07/04/2022 ⁽³⁾	Rural Tech	Arquivo "MDE15cm_MENII_07-04-2022_R01.tif"	771,40	814,60
-	04/2022	07/04/2022 ⁽³⁾	Rural Tech	Planilha "Tabela CxAxV_MenezesI_20-04-2022 com Grafico.xlsx"	825,49	829,05
-	04/2022	28/05/2021 a 27/06/2021 ⁽¹⁾	Rural Tech	Planilha "CxAxV_Menezes II-Comparacao entre curvas_07-04-2022" – Curva 07/2021	783,27	788,30
		26/11/2021 a 29/11/2021 ⁽⁴⁾		Planilha "CxAxV_Menezes II-Comparacao entre curvas_07-04-2022" – Curva 11/2021	783,61	788,30
		07/04/2022 ⁽³⁾		Planilha "CxAxV_Menezes II-Comparacao entre curvas_07-04-2022" – Curva 04/2022	783,73	788,30
-	04/2022	07/04/2022 ⁽³⁾	Rural Tech	Planilha "Tabela CxAxV_MenezesII 07-04-2022"	783,73	792,60
-	04/2022	07/04/2022 ⁽³⁾	Rural Tech	Planilha "Tabela CxAxV_MenezesII 20-04-2022"	783,73	792,60

Notas: (1) Adotou-se como referência a data de 27/06/2021.

(2) Não foi possível identificar o dia exato do levantamento, apenas o mês e o ano. Nesses casos, adotou-se como referência o primeiro dia do respectivo mês.

(3) Foram apresentadas duas datas distintas para o levantamento de abril de 2022 dos reservatórios das Barragens Menezes I e Menezes II, 07/04/2022 e 20/04/2022. Adotou-se como referência o dia 07/04/2022.

(4) Adotou-se como referência a data de 29/11/2021.

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 49/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

8.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DO BUEIRO DA CAVA DA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO

Tendo em vista que atualmente existe uma galeria de transposição interligando parte da rede de drenagem da Cava da Mina Córrego do Feijão com a bacia hidrográfica da Barragem Menezes I, conforme relatado pela VALE e descrito no As Is (RL-1850JJ-X-31222 – Walm, 2022) e no RISR do 1º Ciclo de 2022 (RL-1000JJ-G-31429 – THEMAG, 2022) da referida estrutura, fez-se necessária a delimitação da área de contribuição do bueiro. A Figura 8.1 exibe o emboque da estrutura em questão, caracterizada como um bueiro duplo tubular de concreto (BDTC).



Figura 8.1: Emboque do Bueiro Duplo Tubular de Concreto da Cava da Mina Córrego do Feijão (Fonte: THEMAG, 2022).

Para tanto, foi utilizado o software QGIS, considerando-se o levantamento cadastral da cava constante no arquivo “Drenagens Cava Feijão R02 (1).dwg”, sem título e sem código, com revisão mais recente de janeiro de 2022. Todavia, como o desenho em questão não contempla toda a região da área de drenagem da galeria, utilizou-se de forma complementar o levantamento disponível no arquivo “TOPOGRAFIA GERAL SIRGAS 2000.dwg”.

Como resultado, definiu-se a bacia de contribuição para o bueiro ilustrada na Figura 8.2, com área total de 0,353 km².

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 50/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

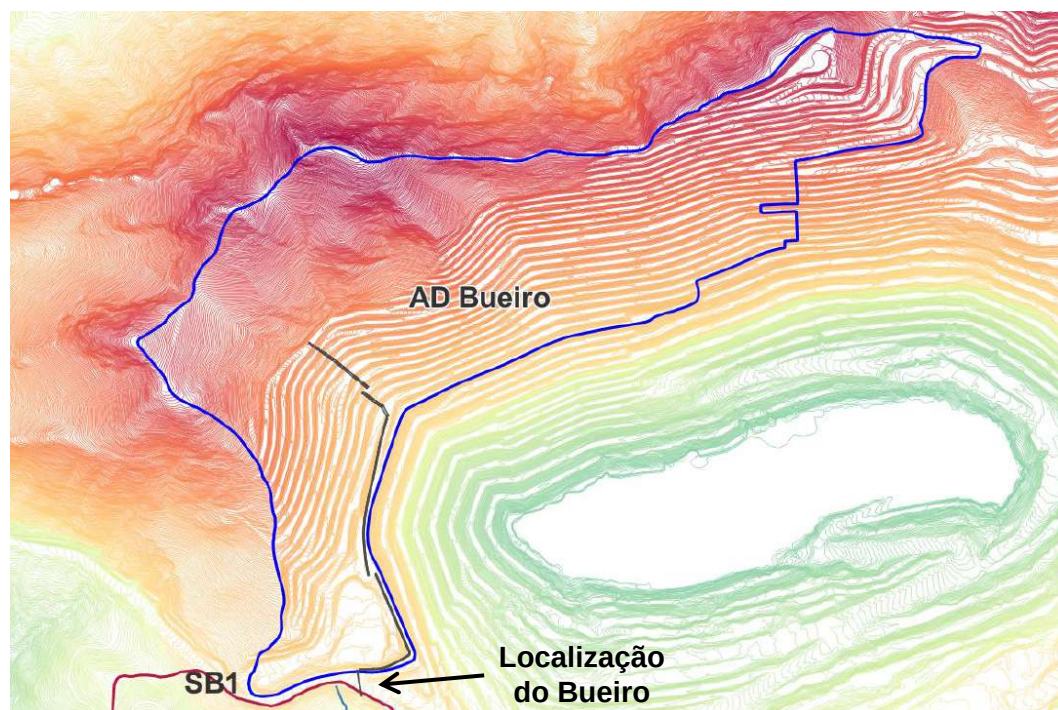


Figura 8.2: Delimitação da Bacia de Contribuição afluente ao Bueiro da Cava da Mina Córrego do Feijão

8.3 OCORRÊNCIAS RELATADAS PARA A BARRAGEM MENEZES I

A equipe da VALE relatou as seguintes ocorrências na Barragem Menezes I:

- Realização de limpezas rotineiras no reservatório entre fevereiro e julho de 2020, entre junho e julho de 2021;
- Ruptura do Canal Oeste da PDE Menezes III na 3ª semana de outubro de 2021;
- Erosões generalizadas na PDE Menezes III nos dias 8 e 9 de janeiro de 2022 em decorrência de chuvas intensas;
- Limpeza emergencial entre novembro de 2021 e março de 2022, concentrada na região da ombreira esquerda;
- Atualmente está em andamento uma limpeza anual que tem previsão de término para o final de maio de 2022, ocasião em que será realizado novo levantamento batimétrico.

8.4 CÁLCULO DA TAXA DE APORTE DE SEDIMENTOS – BARRAGEM MENEZES I

Os estudos sedimentológicos foram baseados nas curvas cota x volume disponibilizadas pela VALE, a partir das quais é possível avaliar o volume de sedimento depositado ao longo do tempo no reservatório da Barragem Menezes I. Nesse sentido, ilustra-se, na Figura 8.3, a comparação do histórico de curvas da estrutura em questão. Para as cotas da soleira do extravasor (El. 825,42 m) e da crista da Barragem (El. 829,06 m), foram consideradas as elevações obtidas a partir levantamento topobatimétrico atualizado pela Rural Tech em abril de 2022 (1850JJ-V-00005).

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 51/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

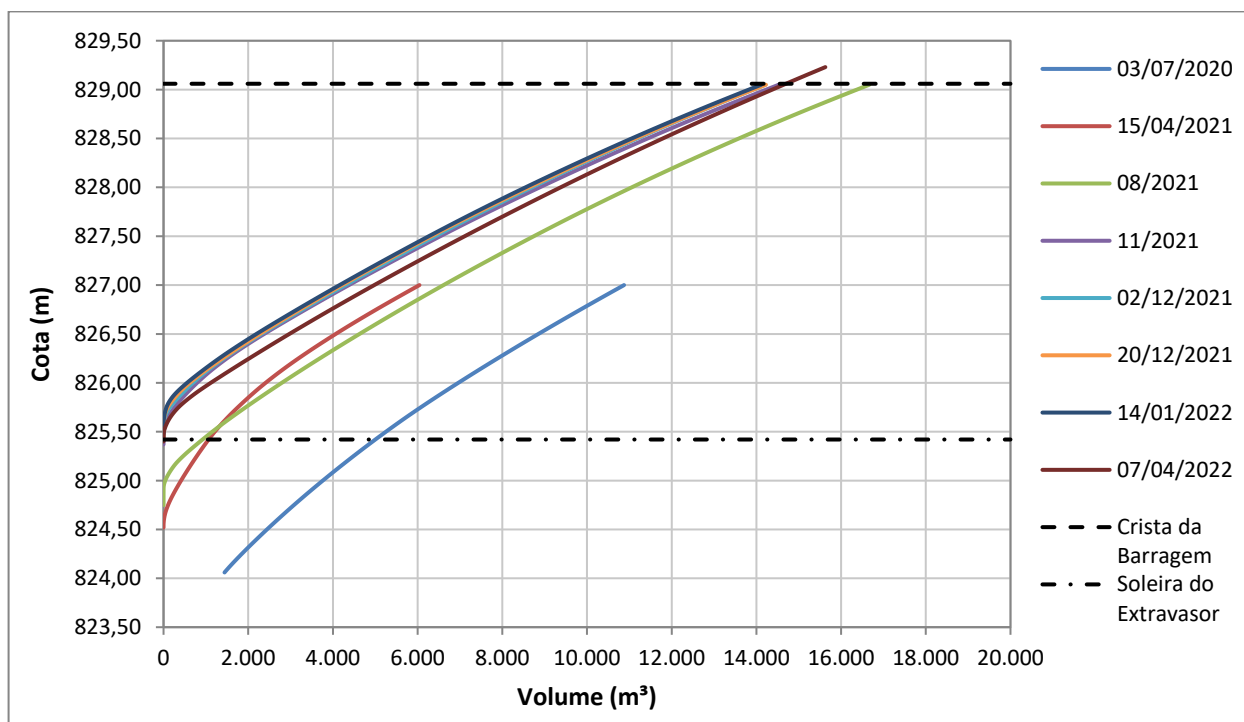


Figura 8.3: Comparação das Curvas Cota x Volume do Reservatório da Barragem Menezes I.

Cabe destacar que somente as duas curvas cota x volume mais antigas disponibilizadas para a Barragem Menezes I, de julho de 2020 e de abril de 2021, foram definidas a partir de levantamentos batimétricos do reservatório, realizados pela Cepemar. Nos demais levantamentos, de autoria da Rural Tech, foi efetuado apenas o perfilamento a laser da região da estrutura, usando uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) com sensor LiDAR (do termo em inglês *Light Detection And Ranging*).

Ressalta-se, portanto, que as curvas cota x volume de agosto de 2021 a abril de 2022 possuem menor representatividade quanto ao volume submerso do reservatório, tendendo a subestimar seu valor. Por outro lado, faz-se necessário pontuar que após o rompimento parcial do Canal Oeste da PDE Menezes III, ocorrido em outubro de 2021, foi verificado o esgotamento do reservatório da Barragem Menezes I. Como consequência disso, observa-se que a superfície d'água a montante da estrutura ficou limitada apenas a caminhos preferenciais de escoamento, como mostrado na Figura 8.4, correspondente à ortofoto de novembro de 2021. Diante da limitação da lâmina d'água após o assoreamento do reservatório, pode-se presumir que os erros das curvas cota x volume posteriores à ruptura do canal de drenagem sejam de pequena ordem.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 52/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0



Figura 8.4: Assoreamento do Reservatório da Barragem Menezes I – Ortofoto de novembro de 2021
(Fonte: Rural Tech, 2021)

Ademais, buscou-se avaliar a taxa de aporte de sedimentos ($\text{m}^3/\text{ha.ano}$) ao reservatório da Barragem Menezes I para os períodos que não sofreram interferência das limpezas rotineiras realizadas pela equipe da VALE, que resultam na retirada de grandes quantidades de sedimentos do local. Por outro lado, optou-se por manter as curvas estabelecidas pela Rural Tech durante os meses de dezembro de 2021 e de janeiro de 2022 para a análise, ainda que os respectivos levantamentos tenham sido efetuados durante a limpeza emergencial do reservatório.

Ponderou-se, nesse caso, que a limpeza emergencial ficou inicialmente limitada à região no entorno da ombreira esquerda, e que o volume retirado foi de pequena ordem, conforme informado pela VALE. Não obstante, para o período entre janeiro e abril de 2022, foi constatado um aumento efetivo do volume disponível no reservatório. Diante disso, o intervalo em questão foi desconsiderado para o presente estudo.

Feitas as ressalvas acima, foram calculadas as taxas de aporte de sedimentos ao reservatório da Barragem Menezes I entre os seguintes períodos de tempo:

- Período 1: 03/07/2020 a 15/04/2021;
- Período 2: 08/2021 a 11/2021;
- Período 3: 08/2021 a 02/12/2021;
- Período 4: 08/2021 a 20/12/2021;
- Período 5: 08/2021 a 14/01/2022.

As áreas de drenagem consideradas para a avaliação da contribuição de sedimentos da Barragem Menezes I foram obtidas do item 7.1. Destaca-se que a sub-bacia SB1, com uso preponderante de vegetação natural, possui área de 48,8 ha. A sub-bacia SB2, referente à

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 53/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

PDE Menezes III, possui área de 49,8 ha, embora a área que efetivamente corresponde à região da pilha seja de 47,4 ha, conforme detalhado na Tabela 7.3. Assim, a área de drenagem da referida Barragem é de 98,6 ha.

Adicionalmente, avaliou-se ainda a bacia de contribuição da Cava da Mina Córrego do Feijão, interligada à bacia da Barragem Menezes I por meio do BDTC, com área de 35,3 há, conforme o item 8.2. Nesse contexto, foi verificado junto à VALE que em todo o período contemplado pelas curvas cota x volume, de julho de 2020 a abril de 2022, houve aporte da região em questão para a estrutura. Por outro lado, como está prevista a implantação do sistema definitivo de drenagem da cava, que irá direcionar as águas captadas para o interior da mesma, antes da descaracterização da Barragem Menezes I, será considerada a contribuição da cava apenas para o cenário atual.

Desse modo, para o cálculo das taxas atuais de aporte de sedimentos à estrutura supracitada, será utilizada a área total de 133,9 ha, enquanto para o cenário futuro será considerada apenas a contribuição das sub-bacias SB1 e SB2, com área conjunta de 98,6 ha.

Ademais, tendo em vista que o reservatório da Barragem Menezes I é de pequeno porte e que se encontra assoreado, optou-se por avaliar a variação da taxa de aporte de sedimentos para todo o intervalo de cotas contemplado nas curvas cota x volume. Observou-se, nesse caso, que há retenção considerável de sedimentos em elevações acima da cota da soleira do vertedouro, principalmente após o rompimento parcial do Canal Oeste.

Nesse sentido, ilustram-se, nas Figuras 8.5, 8.6 e 8.7, o histórico da planta batimétrica, do perfil longitudinal e de uma seção transversal do reservatório, respectivamente, obtidos a partir dos Modelos Digitais de Elevação disponibilizados pela VALE. Constata-se, desse modo, que em abril de 2022 praticamente toda a superfície do reservatório estava com sedimentos acumulados em cotas superiores à elevação da soleira do extravasor.

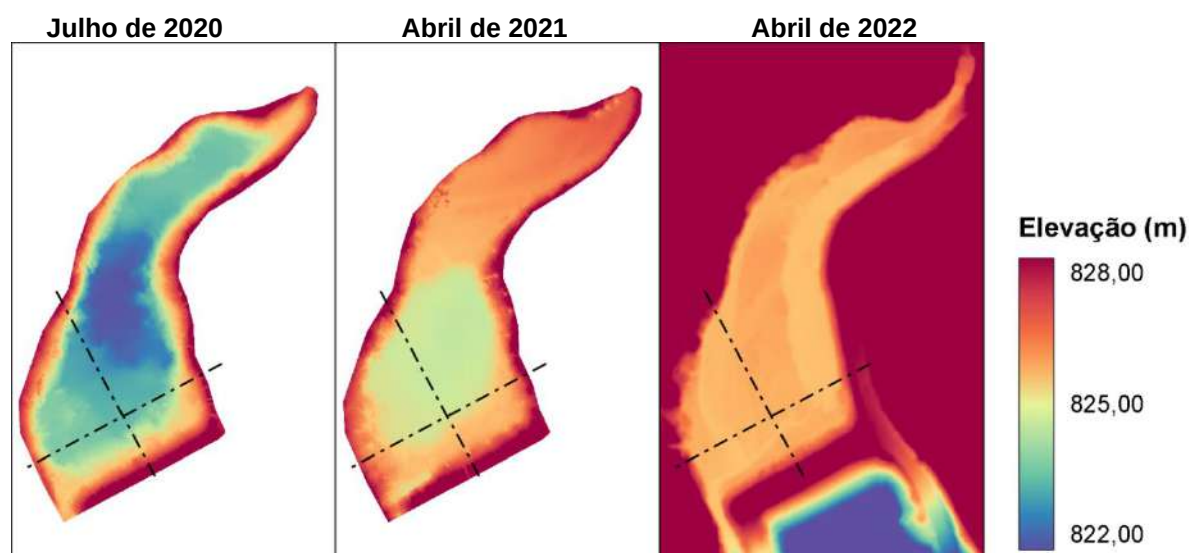


Figura 8.5: Comparação das Plantas Topobatimétricas do Reservatório da Barragem Menezes I com a indicação das Seções Longitudinal e Transversal avaliadas (Fonte: Adaptada de Cepemar, 2020, 2021 e Rural Tech, 2022)

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 54/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

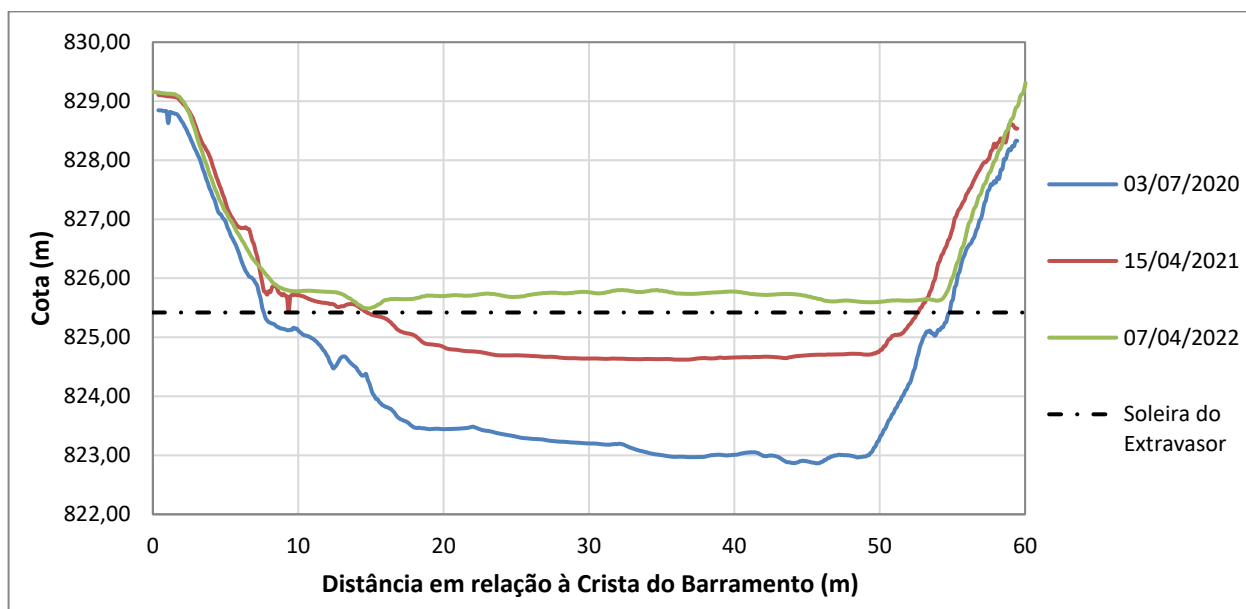


Figura 8.6: Histórico do Perfil Longitudinal do Reservatório da Barragem Menezes I

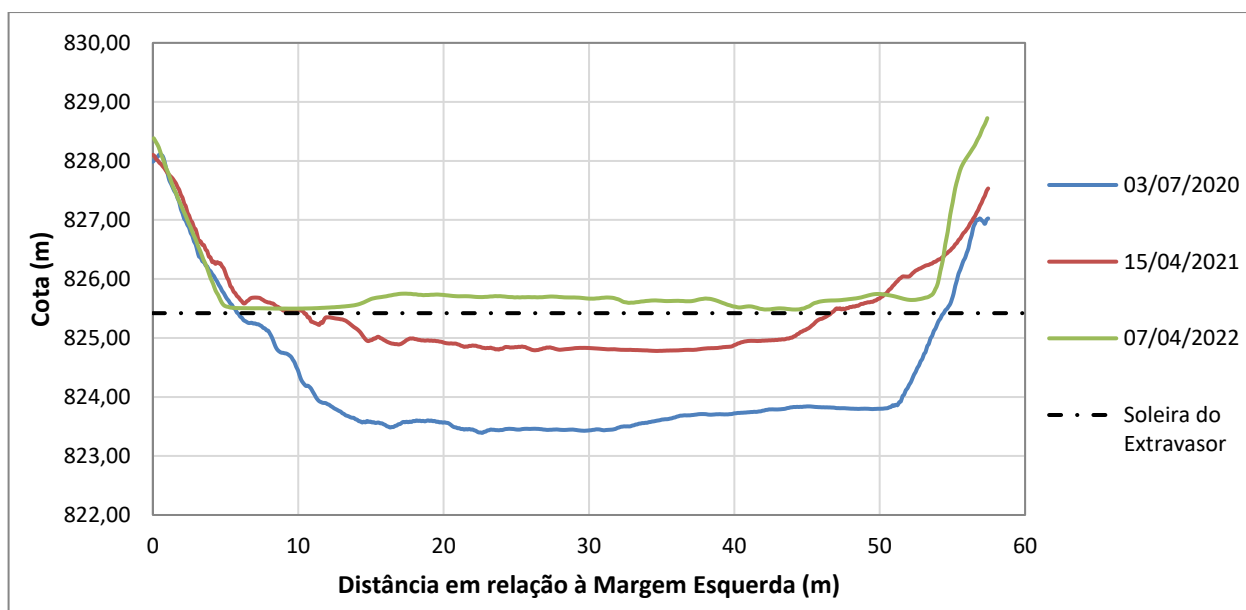


Figura 8.7: Histórico da Seção Transversal do Reservatório da Barragem Menezes I

Posto isso, a Figura 8.8 apresenta o resultado da análise realizada, salientando-se que as curvas de variação da taxa de aporte de sedimentos dos diferentes períodos avaliados tendem a valores aproximadamente constantes para cotas acima da El. 826,50 m. Ademais, são indicadas na Tabela 8.2 as taxas máximas obtidas para cada período de tempo considerado.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 55/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

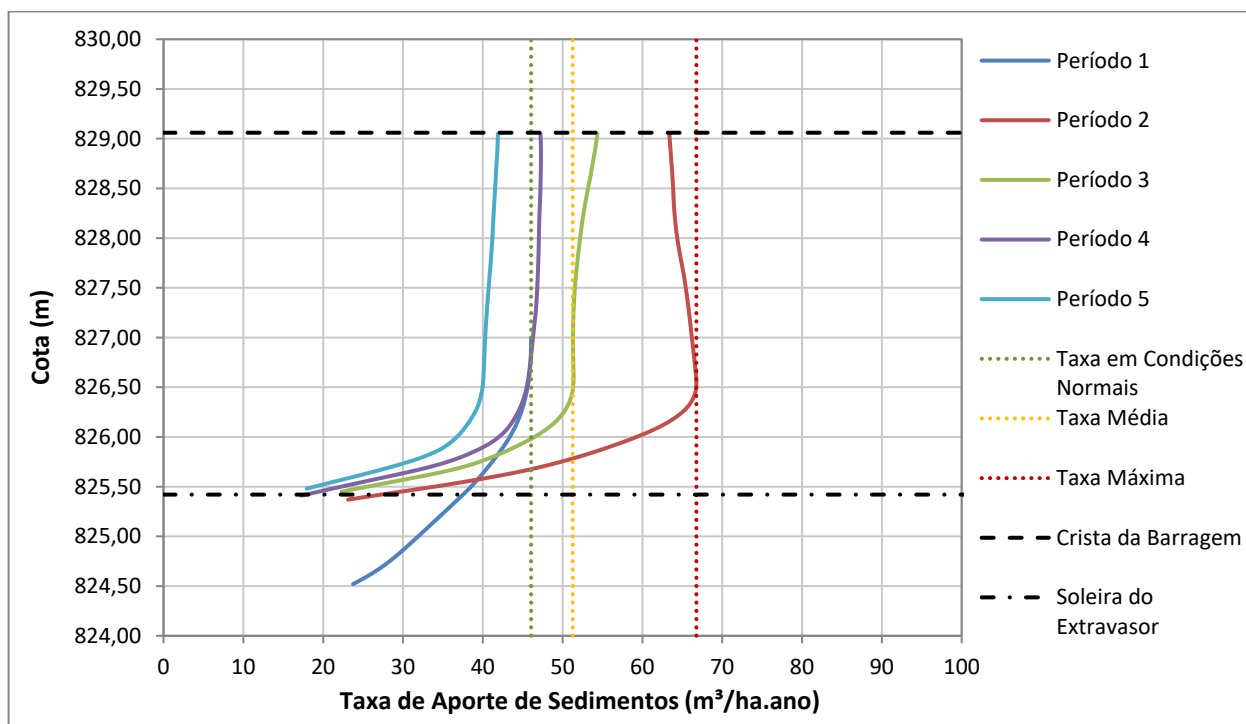


Figura 8.8: Variação da Taxa de Aporte de Sedimentos da Barragem Menezes I para diferentes Períodos de Tempo e Cotas de Referência.

Tabela 8.2: Taxas de Aporte de Sedimento da Barragem Menezes I.

Taxa	Período 1 (m³/ha.ano)	Período 2 (m³/ha.ano)	Período 3 (m³/ha.ano)	Período 4 (m³/ha.ano)	Período 5 (m³/ha.ano)	Média das Taxas (m³/ha.ano)
Máxima	46,05 ⁽¹⁾	66,76	54,36	47,29	41,89	51,27

Nota: (1) Adotado como valor de referência para a taxa de aporte de sedimentos na bacia da Barragem Menezes I em condições normais, ou seja, sem considerar o aumento na afluência de sedimentos decorrente da ruptura parcial do Canal Oeste da PDE Menezes III.

O valor máximo de taxa de aporte de sedimentos verificado, de 66,76 m³/ha.ano, foi identificado entre o período de agosto a novembro de 2021, o que pode ser justificado pela ruptura do Canal Oeste da PDE Menezes III ocorrido em outubro do referido ano.

A despeito das erosões generalizadas que aconteceram depois da ruptura do canal, observadas nos dias 8 e 9 de janeiro de 2022, em decorrência de chuvas intensas na região, constata-se que houve redução da taxa de aporte de sedimentos após o mês de novembro de 2021, com valor mínimo obtido para o período de agosto de 2021 a 14 de janeiro de 2022. Nesse cenário, subentende-se que a capacidade de retenção do reservatório já estava bastante limitada quando da ocorrência das erosões relatadas pela VALE, contribuindo para que o excesso de sedimentos fosse direcionado para a Barragem Menezes II. Destaca-se ainda que em novembro de 2021 foi iniciada a limpeza emergencial do reservatório, que resultou na retirada parcial de sedimentos acumulados na região próxima à ombreira esquerda do maciço.

Adicionalmente, considerou-se a taxa de aporte de sedimentos esperada em condições normais na bacia da Barragem Menezes I, ou seja, sem que ocorra um aumento na afluência

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 56/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

de sedimentos em função da ruptura parcial do Canal Oeste da PDE Menezes III e sem que o volume do reservatório esteja esgotado, já que no último caso os sedimentos serão direcionados para a barragem de jusante. Para tanto, adotou-se como referência o valor de 46,05 m³/ha.ano, obtido para o Período 1, de julho de 2020 a abril de 2021. Salienta-se, por fim, que o valor médio da taxa de aporte de sedimentos encontrado para os diferentes períodos é de 51,27 m³/ha.ano.

Faz-se necessário ressaltar, quanto à estimativa das taxas de aporte de sedimentos com base nas curvas cota x volume, que os valores obtidos correspondem à condição atual da bacia da Barragem Menezes I. Para o cenário futuro, por sua vez, é esperado que ocorra a diminuição da produção de sedimentos na bacia, uma vez que está previsto o fechamento da PDE Menezes III. Portanto, a análise realizada no presente estudo considera um cenário conservador para o aporte de sedimentos.

Seguindo as premissas adotadas pela BVP no projeto conceitual de descaracterização da Barragem Menezes I (RL-1850JJ-X-31201 – 2021), buscou-se avaliar ainda a contribuição específica de sedimentos para a bacia de contribuição da referida estrutura com base em valores empíricos indicados na literatura. Desse modo, para a área de vegetação natural foi mantida a taxa média de 30 m³/ha.ano, adotada inicialmente pela BVP (2021).

Quanto à área da pilha de estéril, foi considerada a faixa de valores definida inicialmente pelo EPA (1976) e recomendada por Pinheiro (2011) para áreas ocupadas por atividades de mineração, de 300 m³/ha.ano a 600 m³/ha.ano. Tendo em vista que a PDE Menezes III deixará de ser operada e que seus taludes serão revegetados, optou-se pela adoção do limite inferior do referido intervalo, com valor de 300 m³/ha.ano. Portanto, fazendo a média ponderada das taxas teóricas em função das áreas de drenagem das sub-bacias SB1 e SB2, chega-se à taxa teórica de aporte de sedimentos de 159,80 m³/ha.ano.

8.5 OCORRÊNCIAS RELATADAS PARA A BARRAGEM MENEZES II

A equipe da VALE relatou as seguintes ocorrências na Barragem Menezes II:

- Ruptura do Canal Oeste da PDE Menezes III na 3ª semana de outubro de 2021;
- Erosões generalizadas na PDE Menezes III nos dias 8 e 9 de janeiro de 2022 em decorrência de chuvas intensas;
- Não há histórico de limpezas no reservatório da Barragem Menezes II.

Cabe destacar ainda, conforme relatado pela VALE, que a Barragem Menezes II recebe um aporte de vazão bombeada do reservatório da Barragem VI, com capacidade máxima de bombeamento de 2.000 m³/h (0,56 m³/s), e que esta contribuição de vazão contempla apenas água. Portanto, a vazão bombeada não foi considerada para os estudos de sedimentologia.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 57/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

8.6 CÁLCULO DA TAXA DE APORTE DE SEDIMENTOS – BARRAGEM MENEZES II

Os estudos sedimentológicos foram baseados nas curvas cota x volume disponibilizadas pela VALE, a partir das quais é possível avaliar o volume de sedimento depositado ao longo do tempo no reservatório da Barragem Menezes II. Nesse sentido, ilustra-se, na Figura 8.9, a comparação do histórico de curvas da estrutura em questão. Para as cotas da soleira do extravasor (El. 789,59 m) e da crista da Barragem (El. 792,30 m), foram consideradas as elevações obtidas a partir levantamento topobatimétrico atualizado pela Rural Tech em abril de 2022 (1850JJ-V-00014).

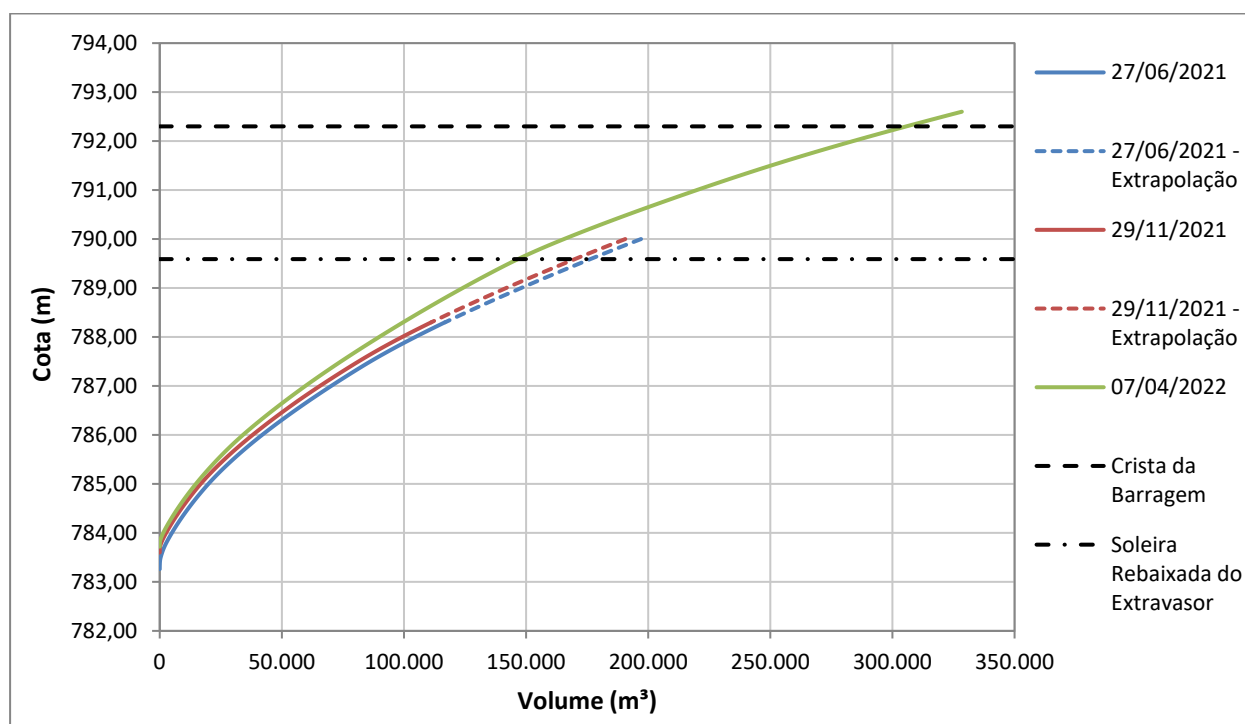


Figura 8.9: Comparação das Curvas Cota x Volume do Reservatório da Barragem Menezes II.

Tendo em vista que as curvas cota x volume disponibilizadas pela VALE para meses de junho e de novembro de 2021 só apresentam valores até a cota 788,30 m, abaixo da soleira do vertedouro (El. 789,59 m), optou-se por realizar a extrapolação das referidas curvas. Desse modo, para o levantamento de junho de 2021, efetuou-se o cálculo do volume do reservatório até a El. 790,00 m com base no MDE estabelecido pela Rural Tech, constante no arquivo “MDE20cm_MENII_Rev00_msk.tif”. Já para o levantamento de novembro de 2021, como o MDE original não foi disponibilizado, fez-se necessário gerar um modelo digital por interpolação a partir das respectivas curvas de nível do período. Em ambos os casos, utilizou-se o software QGIS para a extrapolação.

Cabe destacar, ainda, que todas as curvas disponibilizadas para o reservatório da Barragem Menezes II foram definidas a partir de levantamentos topobatimétricos realizados pela Rural Tech. Nesses casos, efetuou-se o perfilamento a laser da parte seca, com uma ARP dotada de sensor LiDAR, e a batimetria convencional do trecho molhado, conforme informado pela VALE.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 58/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

As taxas de aporte de sedimentos ($\text{m}^3/\text{ha}.\text{ano}$) ao reservatório da Barragem Menezes II foram avaliadas entre os seguintes períodos de tempo:

- Período 1: 27/06/2021 a 29/11/2021;
- Período 2: 27/06/2021 a 07/04/2022,
- Período 3: 29/11/2021 a 07/04/2022.

As áreas de drenagem que contribuem atualmente para o aporte de sedimentos à Barragem Menezes II correspondem às sub-bacias SB3 e SB4. A SB3 possui 85,1 ha, com uso predominante de vegetação natural, enquanto a SB4, correspondente à região da PDE Menezes III, possui área de 77,3 ha, conforme estabelecido no item 7.1.

De modo similar ao caso da Barragem Menezes I, definiu-se um gráfico com a variação da taxa de aporte de sedimentos para os diferentes períodos de tempo contemplados, conforme exibido na Figura 8.10. As taxas máximas obtidas para cada período e o valor médio resultante são indicados na Tabela 8.3.

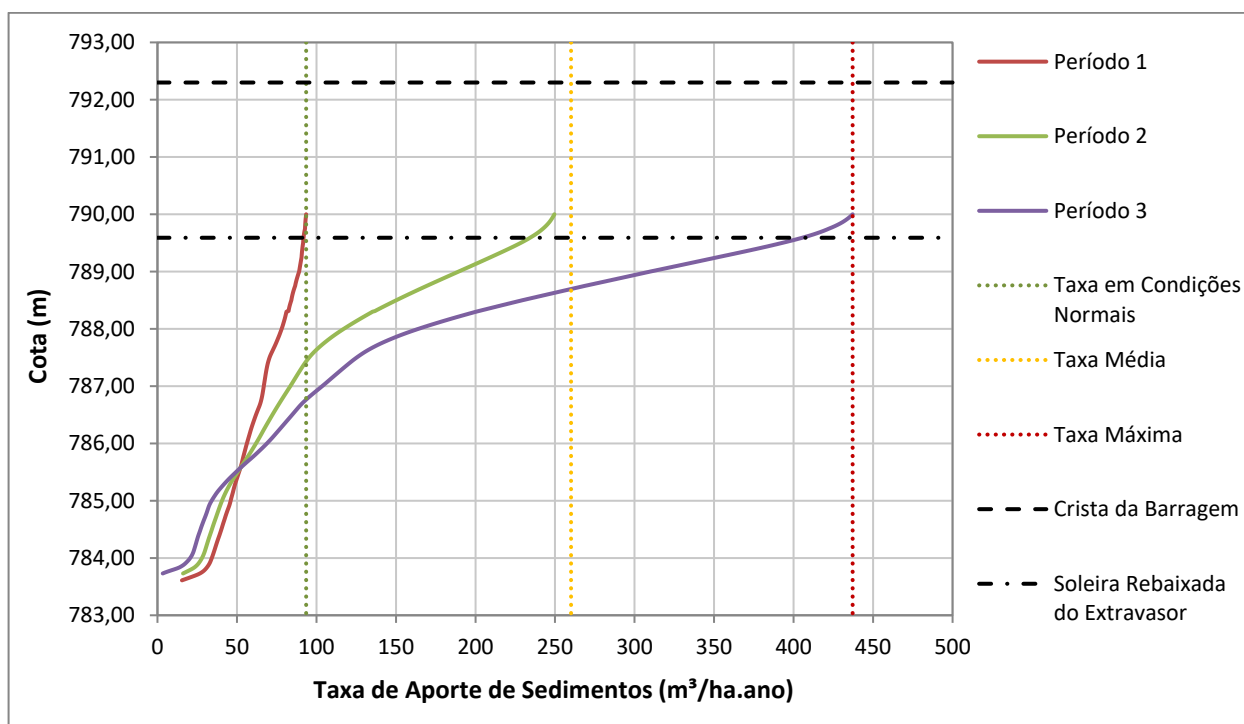


Figura 8.10: Variação da Taxa de Aporte de Sedimentos da Barragem Menezes II para diferentes Períodos de Tempo e Cotas de Referência.

Tabela 8.3: Taxas de Aporte de Sedimento da Barragem Menezes II.

Taxa	Período 1 ($\text{m}^3/\text{ha}.\text{ano}$)	Período 2 ($\text{m}^3/\text{ha}.\text{ano}$)	Período 3 ($\text{m}^3/\text{ha}.\text{ano}$)	Média das Taxas ($\text{m}^3/\text{ha}.\text{ano}$)
Máxima	93,50	249,60	437,15	260,08

O valor máximo da taxa de aporte de sedimentos obtido, de $437,15 \text{ m}^3/\text{ha}.\text{ano}$, foi identificado entre o período de novembro de 2021 a abril de 2022, o que é justificável considerando que

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 59/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

na 3ª semana de outubro de 2021 houve a ruptura do Canal Oeste da PDE Menezes III, bem como pelas erosões generalizadas observadas nos dias 8 e 9 de janeiro de 2022, em decorrência de chuvas intensas na região. Ou seja, dentro de um período mais concentrado de tempo, dois eventos consideráveis impactaram na contribuição de sedimentos ao reservatório da Barragem Menezes II.

Outro aspecto a ser destacado, nesse sentido, é de que o levantamento de abril de 2022 foi realizado em um momento em que o Nível de Água da Barragem Menezes II estava elevado, cobrindo boa parte da superfície do reservatório, enquanto nos demais casos o Nível de Água estava baixo, concentrando-se numa região próxima ao maciço. Portanto, nos levantamentos mais antigos o trecho de montante do reservatório estava sem lâmina d'água, possibilitando que as medições fossem efetuadas diretamente com o uso do ARP com sensor LiDAR.

Como resultado, constata-se que os levantamentos de junho e de novembro de 2021 representam de forma mais fidedigna o fundo da região inicial do reservatório em comparação ao cadastramento de abril de 2022, como exemplificado na Figura 8.11. Subentende-se, ainda, que no levantamento mais recente não foi efetuada a batimetria convencional do trecho de montante, possivelmente em função da baixa lâmina d'água disponível, que impossibilitaria o uso de embarcação no local. Por consequência, conclui-se que a curva de abril de 2022 subestima parcialmente o volume do reservatório

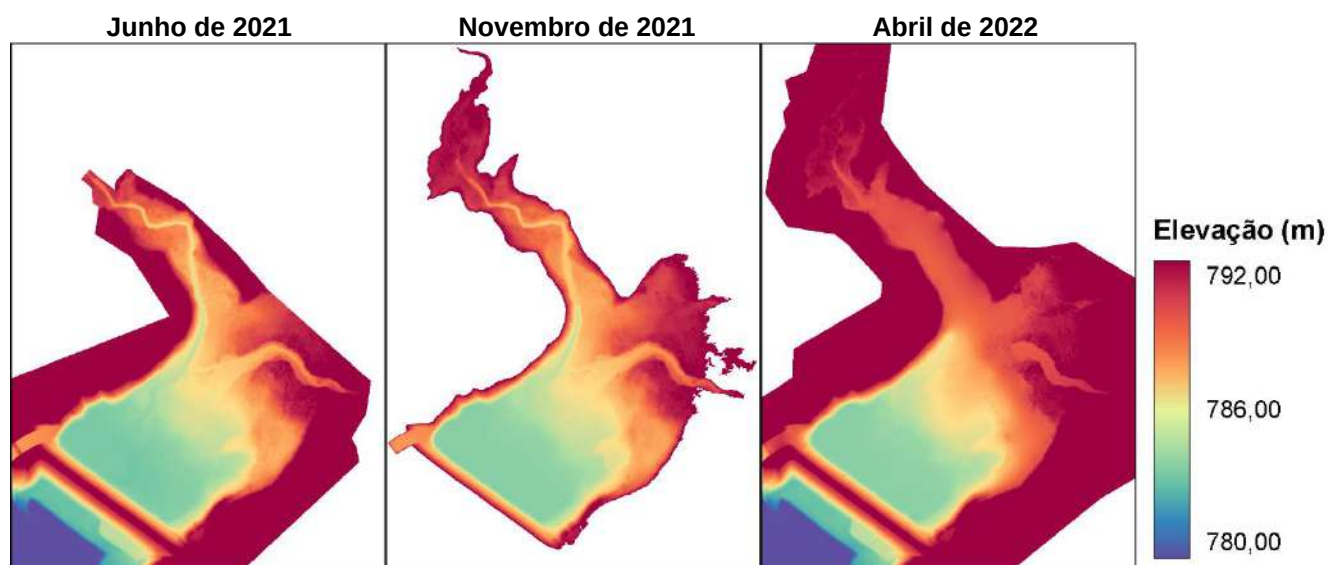


Figura 8.11: Comparação das Plantas Batimétricas da Barragem Menezes II
(Fonte: Adaptada de Rural Tech, 2021, 2022)

Ao comparar as taxas de aporte de sedimento obtidas para as estruturas, verifica-se que os valores mais próximos ocorreram de agosto a novembro de 2021, para a Barragem Menezes I (66,76 m³/ha.ano), e de de julho a novembro de 2021, para a Barragem Menezes II (93,50 m³/ha.ano). Com base nisso, presume-se que durante esse intervalo de tempo o reservatório da Barragem Menezes I sofreu um processo intenso de assoreamento, diminuindo sua capacidade de reter sedimentos, com a contribuição excedente nos meses seguintes sendo direcionada para a Barragem Menezes II.

 VALE	 HEAD5 ENGENHARIA	CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 60/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Outro ponto a ser destacado, nesse contexto, refere-se ao fato de que atualmente ainda não houve a implantação do Sistema Definitivo de Drenagem da PDE Menezes III, de maneira que o topo da pilha, onde estão armazenados os rejeitos da ruptura da Barragem B1, acaba direcionando sedimentos para a Barragem Menezes I. Essa condição, portanto, pode ter contribuído para o esgotamento do volume do reservatório da barragem situada a montante.

Seguindo as premissas adotadas pela BVP no projeto conceitual de descaracterização da Barragem Menezes I (RL-1850JJ-X-31201 – 2021), buscou-se avaliar ainda a contribuição específica de sedimentos para a bacia de contribuição da Barragem Menezes II com base em valores empíricos indicados na literatura. Desse modo, para a área de vegetação natural foi mantida a taxa média de 30 m³/ha.ano, adotada inicialmente pela BVP (2021).

Quanto à área da pilha de estéril, foi considerada a faixa de valores definida inicialmente pelo EPA (1976) e recomendada por Pinheiro (2011) para áreas ocupadas por atividades de mineração, de 300 m³/ha.ano a 600 m³/ha.ano. Tendo em vista que a PDE Menezes III deixará de ser operada e que seus taludes serão revegetados, optou-se pela adoção do limite inferior do referido intervalo, com valor de 300 m³/ha.ano. Portanto, fazendo a média ponderada das taxas teóricas em função das áreas de drenagem das sub-bacias SB3 e SB4, chega-se à taxa teórica de aporte de sedimentos de 158,52 m³/ha.ano, para o cenário atual da bacia.

8.7 ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL DA BARRAGEM MENEZES II

O cálculo da vida útil da Barragem Menezes II para os cenários atual e futuro, após a descaracterização da Barragem Menezes I, foi realizado considerando 4 (quatro) condições distintas para o aporte de sedimentos, equivalentes às taxas médias, máximas e teóricas obtidas, bem como às taxas esperadas em condições normais. Para o cenário futuro, foram utilizadas as taxas calculadas pela média ponderada dos valores encontrados nas bacias das estruturas supracitadas, conforme indicado na Tabela 8.4.

Tabela 8.4: Taxas de Aporte de Sedimentos da Barragem Menezes II para os Cenários Atual e Futuro.

Barragem	Área (ha)	Taxa de Aporte de Sedimentos (m³/ha.ano)			
		Condições Normais	Média	Máxima	Teórica
Menezes I	98,60	46,05	51,27	66,76	159,80
Menezes II (Cenário Atual)	162,40	93,50	260,08	437,15	158,52
Menezes II (Cenário Futuro)	261,00	75,58	181,20	297,23	159,00

Utilizando como referência a curva cota x volume definida pela Rural Tech em abril de 2022, foi realizada a estimativa de vida útil do reservatório da Barragem Menezes II considerando o cenário atual e o cenário após descaracterização da Barragem Menezes I. Os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 8.5 e 8.6, respectivamente, e comparados na Figura 8.12 e na Tabela 8.7.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA
			RL-1850JJ-G-31061	61/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Tabela 8.5: Cálculo da Vida Útil do Reservatório da Barragem Menezes II – Cenário Atual.

Barragem Menezes II – Curva Cota x Volume (07/04/2022)		Taxa de Aporte de Sedimentos (m³/ha.ano)			
Cota (m)		93,50	260,08	437,15	158,52
		Tempo para Assoreamento (anos)			
789,59		9,66	3,47	2,07	5,70
789,50		9,42	3,38	2,01	5,55
789,00		8,17	2,94	1,75	4,82
788,50		7,01	2,52	1,50	4,13
788,00		5,91	2,13	1,27	3,49
787,50		4,88	1,76	1,04	2,88
787,00		3,93	1,41	0,84	2,32
786,50		3,05	1,09	0,65	1,80
786,00		2,24	0,81	0,48	1,32
785,50		1,56	0,56	0,33	0,92
785,00		0,97	0,35	0,21	0,57
784,50		0,49	0,17	0,10	0,29
784,00		0,09	0,03	0,02	0,06
783,73		0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 8.6: Cálculo da Vida Útil do Reservatório da Barragem Menezes II – Cenário Futuro.

Barragem Menezes II – Curva Cota x Volume (07/04/2022)		Taxa de Aporte de Sedimentos (m³/ha.ano)			
Cota - SGB (m)		75,58	181,20	297,23	159,00
		Tempo para Assoreamento (anos)			
789,59		7,43	3,10	1,89	3,53
789,50		7,25	3,02	1,84	3,45
789,00		6,29	2,62	1,60	2,99
788,50		5,39	2,25	1,37	2,56
788,00		4,55	1,90	1,16	2,16
787,50		3,76	1,57	0,96	1,79
787,00		3,02	1,26	0,77	1,44
786,50		2,34	0,98	0,60	1,11
786,00		1,73	0,72	0,44	0,82
785,50		1,20	0,50	0,30	0,57
785,00		0,75	0,31	0,19	0,36
784,50		0,37	0,16	0,10	0,18
784,00		0,07	0,03	0,02	0,03
783,73		0,00	0,00	0,00	0,00

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 62/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

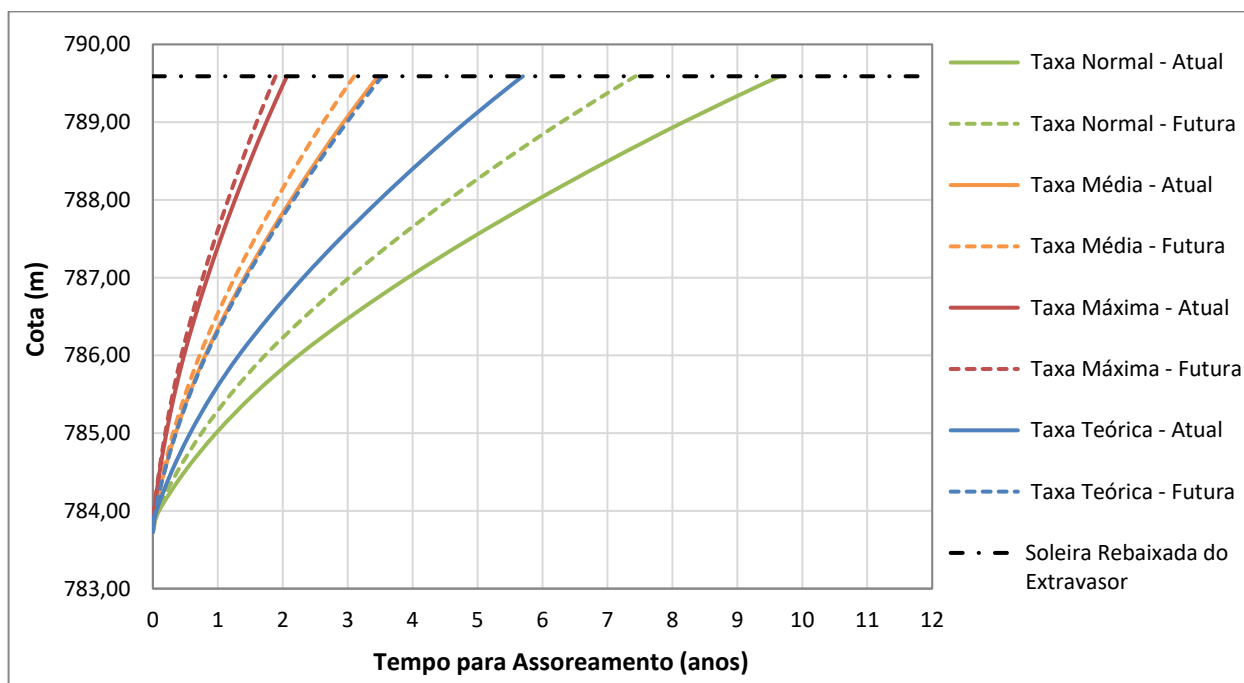


Figura 8.12: Estimativa do Tempo de Assoreamento do Reservatório da Barragem Menezes II para os Cenários Atual e Futuro da Bacia

Tabela 8.7: Comparação da Estimativa de Vida Útil da Barragem Menezes II para os Cenários Atual e Futuro.

Cenário	Vida Útil da Barragem Menezes II (anos)			
	Condições Normais	Média	Máxima	Teórica
Atual	9,66	3,47	2,07	5,70
Futuro	7,43	3,10	1,89	3,53
Redução	2,23	0,37	0,18	2,17

Na atual situação da Barragem Menezes II, adotando a taxa máxima de aporte de sedimentos ($437,15 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$), constata-se que a vida útil esperada do reservatório é de 2 anos e 1 mês, aproximadamente. Já para o cenário referente à taxa média ($260,08 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$), a vida útil esperada aumenta para 3 anos e meio, enquanto para o cenário com a taxa teórica ($158,52 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$) a vida útil é de 5 anos e 8 meses. Por sua vez, com base na taxa esperada em condições normais, de $93,50 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$, obtém-se a estimativa máxima para a vida útil do reservatório em condições atuais, de 9 anos e 8 meses.

Na situação futura, após a descaracterização da Barragem Menezes I, a estimativa com a taxa máxima ($297,23 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$) resulta na vida útil esperada do reservatório da Barragem Menezes II de apenas 1 ano e 11 meses, enquanto para o cenário com a taxa média de aporte de sedimentos ($181,20 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$) a vida útil prevista aumenta para 3 anos e 1 mês.

Por fim, para o cenário futuro com as taxas teórica ($159,00 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$) e esperada em condições normais na bacia ($75,58 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$), têm-se as estimativas de vida útil de 3 anos e meio e de 7 anos e 5 meses, respectivamente.

 VALE	 HEAD5 ENGENHARIA	CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 63/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Com base nas verificações realizadas, avalia-se que o impacto sedimentológico da descaracterização da Barragem Menezes I tende a resultar na diminuição da vida útil do reservatório da Barragem Menezes II entre apenas 2 meses (taxa máxima) a até 2 anos e 3 meses, a depender da taxa de aporte de sedimentos considerada.

Todavia, faz-se necessário pontuar que o presente estudo está sujeito a incertezas, que envolvem o curto período de dados disponível e a limitação superior das curvas cota x volume do reservatório da Barragem Menezes II para os meses de junho e novembro de 2021, fazendo-se necessária a extrapolação das referidas curvas.

Ademais, salienta-se que as ocorrências atípicas da ruptura do Canal Oeste da PDE Menezes III e das erosões generalizadas na bacia durante o intervalo de tempo das curvas avaliadas podem resultar em um cenário de análise relativo a condições excepcionais de transporte de materiais sólidos, com taxas de aporte de sedimentos indicando valores superiores aos esperados em circunstâncias normais. Junto a isso, pontua-se também que o Sistema Definitivo de Drenagem da pilha ainda não foi implantando, além de que está previsto o fechamento da PDE Menezes III, intervenção esta que deverá reduzir a produção de sedimentos na bacia.

Em vista disso, recomenda-se que seja mantido o monitoramento regular por meio de batimetrias dos reservatórios, para que se possa acompanhar a evolução do assoreamento ao longo do tempo. Dessa forma, será possível ainda identificar qual dos cenários de estimativa de vida útil definidos no presente estudo tende a ser mais adequado para representar as condições reais do processo de sedimentação no reservatório da Barragem Menezes II. Sugere-se, por fim, que sejam efetuados levantamentos após cheias excepcionais, para viabilizar a análise do impacto dos eventos extremos no processo de assoreamento.

9.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório expõe o desenvolvimento e os resultados do estudo de impacto hidrológico, hidráulico e sedimentológico a jusante da Barragem Menezes I, região em que se encontra a Barragem Menezes II. Como premissa geral do estudo, buscou-se comparar a condição atual do trânsito de cheias na bacia e da vida útil do reservatório da estrutura de jusante com o cenário esperado após a descaracterização da Barragem Menezes I.

Com esse objetivo, realizou-se inicialmente a delimitação das bacias afluentes às estruturas supracitadas, utilizando como base os levantamentos topobatimétricos atualizados pela Rural Tech no ano de 2022. Na sequência, efetuou-se a caracterização dos tipos de uso e ocupação do solo a partir de imagens de satélite da região.

Para a avaliação do trânsito de cheias na Barragem Menezes I, foi necessária a definição de uma curva de descarga atualizada para o vertedouro da estrutura em questão, abrangendo ainda cotas acima da crista do maciço. Efetuou-se, para tanto, a modelagem hidráulica

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 64/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

unidimensional do extravasor conforme as características geométricas da Barragem, verificadas a partir do levantamento cadastral atualizado pela Rural Tech em abril de 2022.

Destaca-se, nesse sentido, que o vertedouro possui capacidade de 25,41 m³/s, para a cota da crista da ombreira esquerda da Barragem Menezes I (El. 828,25 m), e de 38,45 m³/s, com o Nível de Água do reservatório na crista do barramento (El. 829,06 m). Ressalta-se, contudo, que as parcelas de vazão decorrentes do galgamento do maciço não foram consideradas no presente estudo, adotando-se a condição mais crítica em favor da segurança.

Com relação ao vertedouro da Barragem Menezes II, optou-se pela consideração da curva de descarga definida a partir do estudo de modelagem hidráulica tridimensional do extravasor, de autoria da Potamos (2021). Nesse caso, fez-se necessária apenas a correção das cotas da curva, para compatibilizar sua referência altimétrica com o levantamento topobatimétrico atualizado pela Rural Tech no ano de 2022.

De posse das informações das bacias, das curvas de descarga dos vertedouros e das curvas cota x volume dos reservatórios, foram estabelecidos os modelos hidrológicos para os cenários atual e futuro da bacia da Barragem Menezes II, fazendo-se uso do software HEC-HMS. Cabe destacar, nesse contexto, que foram contemplados ainda dois casos distintos para condição de escoamento antecedente da bacia, buscando representar a condição normal de umidade do solo (ARC II) e a condição de umidade elevada (ARC III).

Salienta-se ainda que foi adotado o método de transformação chuva-vazão proposto pelo SCS, empregando-se os quantis de precipitação definidos pela Potamos (POTVAL5009-1-TC-RTE-0016 – 2021) para o local da Mina Córrego do Feijão, com discretização temporal conforme o método de Huff. Ademais, foram avaliados os hidrogramas de cheia produzidos por eventos de precipitação de maior recorrência, com tempo de retorno de 2 anos, bem como por chuvas extremas, com tempos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos, incluindo ainda a PMP. Para a identificação dos cenários críticos, foram consideradas as durações de 30 minutos a 7 dias, para o TR de 2 anos, e de 30 minutos a 12 horas, nos demais casos. Adicionalmente, foi contemplada para os cenários atual e futuro a parcela de vazão bombeada do reservatório da Barragem VI para a Barragem Menezes II. Adotou-se, para a análise, a capacidade máxima do sistema de bombeamento, de 2.000 m³/h (0,56 m³/s).

Como resultado do estudo de trânsito de cheias, constata-se que o reservatório da Barragem Menezes I apresenta uma capacidade pequena para o amortecimento de cheias. Nesse sentido, foram verificadas reduções de 0% a 28% das vazões defluentes de pico em relação às respectivas vazões afluentes máximas, com menor capacidade de amortecimento para os eventos de maior duração.

Por outro lado, avalia-se que a Barragem Menezes II possui, no cenário atual, capacidade considerável para reduzir as vazões defluentes de pico, em hidrogramas produzidos por chuvas de até 6 horas de duração. Para eventos de maior duração, o amortecimento tende a ser menor. Não obstante, pondera-se que o aumento da duração das chuvas resulta ainda na diminuição da intensidade das vazões afluentes.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 65/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Quanto ao cenário futuro, posterior à descaracterização da Barragem Menezes I, foi constatado o aumento generalizado das vazões afluentes à Barragem Menezes II, variando de 3,0%, para a cheia com TR de 2 anos e condição de umidade ARC II, a 19,0%, para a cheia de mesmo TR e condição de umidade ARC III. Para as cheias extremas, em específico, o acréscimo das vazões afluentes é da ordem de 15%, para a condição de umidade ARC II, e de 17%, para a condição ARC III. Há, portanto, um aumento apreciável das vazões afluentes.

A despeito disso, quando consideradas as vazões defluentes da Barragem Menezes II, avalia-se que o aumento esperado para o cenário futuro é pouco significativo, limitado a 4,7%, para a cheia produzida pela PMP com condição de umidade ARC III, enquanto para os eventos de maior recorrência o aumento da defluência é ínfimo. Constata-se, portanto, que a intensificação das vazões afluentes decorrente da descaracterização da Barragem Menezes I é atenuada pela capacidade de amortecimento do reservatório da Barragem Menezes II.

Por sua vez, se considerados os Níveis de Água críticos obtidos nas simulações do trânsito de cheias para o reservatório da Barragem Menezes II, salienta-se que o impacto previsto no cenário futuro resulta em uma sobrelevação adicional de apenas 0,06 m em comparação ao Nível de Água máximo para o cenário atual, na cota 792,08 m. Assim, obtém-se a cota crítica futura, para um cenário de significativa excepcionalidade, na El. 792,14 m, com Borda Livre de 0,46 m em relação à crista da Barragem, situada na El. 792,60 m.

Diante destes resultados, avalia-se que o impacto hidrológico e hidráulico decorrente da descaracterização da Barragem Menezes I é pouco significativo para a segurança da Barragem Menezes II, mesmo com a ocorrência de eventos extremos na bacia.

Cabe pontuar, ainda, que as análises realizadas para o cenário atual indicam a possibilidade de galgamento da Barragem Menezes I, quando da incidência de eventos excepcionais na bacia, iniciando-se pela ombreira esquerda do maciço. Por outro lado, destaca-se que estão previstas obras no mês de junho de 2022 para a readequação da crista do maciço, que será alteada para a El. 829,00 m. Após o ajuste, é esperada a ocorrência de galgamento apenas para cheias produzidas pela PMP com condição de umidade ARC III, tratando-se, portanto, de eventos extremos.

Com relação ao estudo de impacto sedimentológico, buscou-se estimar o aporte atual de sedimentos às Barragens Menezes I e Menezes II a partir das curvas cota x volume disponibilizadas, observando-se ainda o histórico de limpezas do reservatório da estrutura de montante e da ocorrência de erosões consideráveis na bacia. Para o cenário futuro, por sua vez, a estimativa da taxa de aporte de sedimentos foi feita com base na média ponderada dos valores obtidos para as estruturas supracitadas em função das respectivas áreas de drenagem.

Nesse contexto, cabe destacar que foi contemplada ainda a contribuição proveniente de parte da rede de drenagem dos taludes da Cava da Mina Córrego do Feijão, que desagua na bacia do Córrego Olaria através de um bueiro duplo tubular de concreto. Todavia, como está prevista a implantação do sistema definitivo de drenagem da cava, que irá direcionar as águas captadas para o interior da mesma, antes da descaracterização da Barragem Menezes I, foi

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 66/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

considerado o aporte apenas para o cálculo das taxas atuais de produção de sedimentos na bacia da referida estrutura.

Ademais, devido às condições operativas do reservatório da Barragem Menezes I, estima-se ainda que, no período após o rompimento do Canal Oeste, parte do aporte de sedimentos foi vertida junto ao fluxo excedente e, portanto, não foi compatibilizada na contribuição de sedimentos da barragem em questão. Todavia, salienta-se que os sedimentos escoados pela estrutura situada a montante foram direcionados para a Barragem Menezes II, sendo contemplados para a análise do assoreamento de seu reservatório a partir da avaliação das curvas cota x volume disponibilizadas pela VALE.

Na sequência, avaliou-se a vida útil do reservatório da Barragem Menezes II para as condições atual e futura, utilizando valores médios, máximos e teóricos para a taxa de aporte de sedimentos, incluindo ainda um cenário com valores esperados em condições normais, ou seja, sem a ocorrência de rompimentos no Sistema de Drenagem na PDE Menezes III e de erosões generalizadas na bacia. Buscou-se, dessa forma, contemplar situações de maior e de menor criticidade para a análise.

Desse modo, para o cenário atual da bacia, a vida útil estimada do reservatório da Barragem Menezes II varia de 2 anos e 1 mês, para a taxa máxima de aporte de sedimentos, a 9 anos e 8 meses, obtido com base no valor esperado em condições normais na bacia.

Na situação futura, após a descaracterização da Barragem Menezes I, a estimativa mais pessimista indica que a vida útil esperada do reservatório da Barragem Menezes II será de apenas 1 ano e 11 meses, para o cenário com a taxa máxima ponderada. Por outro lado, com base na situação mais otimista, referente à taxa esperada em condições normais na bacia, estima-se que a vida útil será de 7 anos e 5 meses.

Com base nas verificações realizadas, avalia-se que o impacto sedimentológico da descaracterização da Barragem Menezes I tende a resultar na diminuição da vida útil do reservatório da Barragem Menezes II entre apenas 2 meses a até 2 anos e 3 meses, a depender da taxa de aporte de sedimentos considerada. Todavia, faz-se necessário pontuar que o presente estudo está sujeito a incertezas, que envolvem o curto período de dados disponível e a limitação superior das curvas cota x volume do reservatório da Barragem Menezes II para os meses de junho e novembro de 2021, que fez necessária a extrapolação das referidas curvas.

Ademais, salienta-se ainda que as ocorrências excepcionais da ruptura do Canal Oeste da PDE Menezes III e das erosões generalizadas na bacia durante o intervalo de tempo das curvas avaliadas podem resultar numa análise enviesada, estimando-se taxas de aporte de sedimentos com valores superiores à condição real. Somado a isso, pontua-se que o Sistema Definitivo de Drenagem da pilha ainda não foi implantando, além de estar previsto o fechamento da PDE Menezes III, intervenção que deverá reduzir a produção de sedimentos na bacia.

 VALE		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 67/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

Em vista disso, recomenda-se que seja mantido o monitoramento regular por meio de batimetrias dos reservatórios, que contemplem, no mínimo, o volume até a cota da soleira do vertedouro, para que se possa acompanhar a evolução do assoreamento ao longo do tempo. Dessa forma, será possível ainda identificar qual dos cenários de estimativa de vida útil definidos no presente estudo tende a ser mais adequado para representar as condições reais do processo de sedimentação no reservatório da Barragem Menezes II. Além disso, sugere-se que sejam efetuados levantamentos após cheias excepcionais, para viabilizar a análise do impacto dos eventos extremos no processo de assoreamento.

Por fim, caso seja efetuada a descaracterização da Barragem Menezes I, pontua-se que será necessário que a VALE planeje rotinas de limpeza periódica do reservatório da Barragem Menezes II, observando os cenários de estimativa de vida útil definidos no presente estudo.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO BÁSICO UTILIDADES - BARRAGENS ESTUDO DE IMPACTO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO E SEDIMENTOLÓGICO A JUSANTE DA BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-G-31061	PÁGINA 68/68
			Nº (CONTRATADA) 3007-PD-B-RT-G00-0002	REV. 0

10.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Agência Nacional de Mineração Resolução nº 95, de 7 de fevereiro de 2022. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 33, 16 fev. 2022. Seção 1, p. 49.

CHOW, V. T. **Open-Channel Hydraulics**. Nova York: McGraw-Hill Book Company, 1959

COELHO, M. R. et al. **Solos do Quadrilátero Ferrífero sob Diferentes Coberturas Vegetais e Materiais de Origem**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 264. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. Publicação IPR-715. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005.

HUFF, F. A. **Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois**. Circular 173. Champaign, IL: Illinois State Water Survey, 1990.

MINAS GERAIS. Lei Ordinária Estadual nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, n. 44, 26 fev. 2019. p. 1.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE (NRSC). Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall. In: _____. **National Engineering Handbook**: Part 630 Hydrology. Washington, D.C.: USDA, 2004.

_____. Hydrographs. In: _____. **National Engineering Handbook**: Part 630 Hydrology. Washington, D.C.: USDA, 2007.

_____. Urban Hydrology for Small Watersheds. Technical Release 55. Washington, D.C.: USDA, 1986.

PINHEIRO, M. C. **Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2011.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS : ABRH, 2015.

UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE). **HEC-1: Flood Hydrograph Package – User’s Manual**. Davis, CA: USACE, 1998.



Anexo II - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31169

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 1/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A

[illegible]

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 2/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	INTRODUÇÃO	3
2.	OBJETIVO	3
3.	LOCALIZAÇÃO	3
4.	VISITA TÉCNICA E REGISTRO FOTOGRÁFICO	5
	4.1. ROTEIRO E OBSERVAÇÕES DA INSPEÇÃO	6
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 3/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A

1. INTRODUÇÃO

Por meio da proposta técnica PP-BVP-114.77-18-03 D, a BVP Engenharia foi contratada pela VALE para a prestação de serviços especializados de Engenharia contemplando o desenvolvimento do “ESTUDO DE ALTERNATIVAS, PROJETO CONCEITUAL E BÁSICO PARA DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I”.

O escopo dos serviços contempla a apresentação de solução para descaracterização da Barragem Menezes I, cuja finalidade é a contenção dos sedimentos provenientes das áreas de depósito de estéréis e áreas de lavra. O desenvolvimento do projeto se dará a partir de 3 (três) fases: Estudo de Alternativas, Projeto Conceitual e Projeto Básico.

2. OBJETIVO

Este relatório tem como objetivo relatar a visita técnica de campo realizada pelos profissionais da BVP Engenharia na Barragem de Menezes I, localizada dentro da área de operação do Complexo Paraopeba – Mina Corrêgo do Feijão, que ocorreu no dia 05 de agosto de 2020.

3. LOCALIZAÇÃO

A seguir, a Figura 3-1 e a Figura 3-2 exibem um mapa de localização da Barragem Menezes I (Brumadinho – MG). A Barragem Menezes I localiza-se no Córrego Olaria, na Mina Córrego do Feijão. A barragem tem por finalidade a contenção de sedimentos provenientes das áreas de depósitos de estéril (Pilhas Menezes I, II e III), estradas e áreas de lavra. Na mesma linha de drenagem, posicionada mais a jusante, encontra-se

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 4/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A

a Barragem Menezes II. A barragem Menezes I está localizada nas coordenadas UTM 589.975E / 7.775.044N. Na Figura 3-1 é apresentada a locação da Barragem Menezes I e a área de entorno e na Figura 3-2 é apresentada a vista geral da estrutura.



Figura 3-1 – Localização da Barragem Menezes I.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 5/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 3-2 – Vista geral da Barragem Menezes I.

4. VISITA TÉCNICA E REGISTRO FOTOGRÁFICO

Para a elaboração do presente projeto, realizou-se uma visita técnica de campo no dia 05 de agosto de 2020 com o intuito de conhecer a estrutura, o local onde a barragem foi implantada e os seus arredores. Nesta visita participaram os seguintes profissionais:

- Ana Paula Silva – BVP Engenharia;
- Gustavo Santos – BVP Engenharia;
- Rodrigo Dias – BVP Engenharia;
- Leandro S. Santos – VALE;
- Jonathan Gurgel – VALE.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169 Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	PÁGINA 6/31 REV. A

A seguir, é apresentado um relatório fotográfico da visita, bem como as constatações preliminares e comentários quando aplicáveis.

4.1. ROTEIRO E OBSERVAÇÕES DA INSPEÇÃO

Os locais inspecionados foram: talude de montante, talude de jusante, crista do maciço, reservatório, ombreiras direita e esquerda, pé do talude de jusante, sistema extravasor, drenagem superficial e instrumentação.

Como pode ser visto na Figura 4-1 e na Figura 4-2, o acesso à Barragem Menezes I é feito por meio de vias internas não pavimentadas da mina Córrego do Feijão.



Figura 4-1 – Vista da Barragem Menezes I e acesso (Fonte: Google Earth 10/08/2020 – 20:50h).

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 7/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A

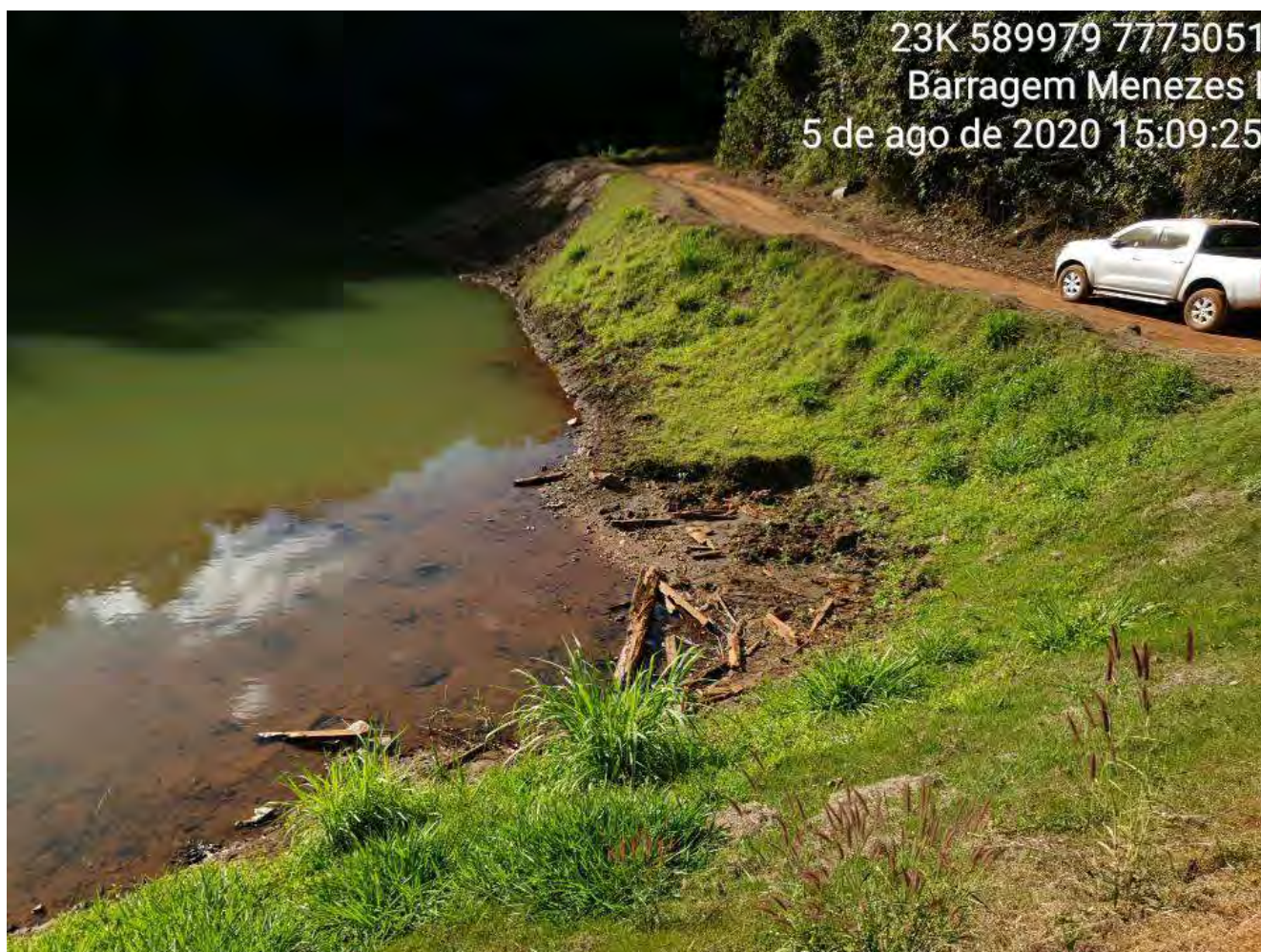


Figura 4-2 – Acesso à Barragem Menezes I, vista a partir da crista, para a margem esquerda.

Na Figura 4-3 e na Figura 4-4 é possível ver que a crista é revestida por vegetação gramínea, com exceção da porção central, que apresenta falhas dessa proteção. Não foi verificado dispositivo de drenagem superficial nesta região da estrutura. O talude de montante é revestido com gramíneas e não possui proteção com rip-rap (blocos de enrocamento).

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 8/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-3 – Vista 01 da crista da barragem, com mata densa em sua margem direita.



Figura 4-4 – Vista 02 da crista, onde localiza-se o acesso à barragem (margem esquerda).

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 9/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A

A Figura 4-5 apresenta o talude de montante, onde é possível visualizar sua proteção vegetal em gramínea, que apresentava boas condições.



Figura 4-5 – Vista do talude de montante, a partir do emboque do extravasor.

Na Figura 4-6 é possível ver que o talude de jusante possui uma berma intermediária. O talude possui proteção vegetal em gramínea, que apresentava boas condições.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 10/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-6 – Vista do talude de jusante com uma berma intermediária.

Na ombreira direita, junto ao talude de jusante do barramento, fica localizado o extravasor de cheias, conformado com um aterro que segue até o pé da barragem.

Conforme Figura 4-7 e Figura 4-8, tanto nesse aterro, quanto no talude de jusante foi possível observar a existência de blocos de dimensões decimétricas a métricas de litotipos diversos, como blocos de canga e gnaiss. Segundo relatos, estes blocos encontram-se depositados neste local desde a época da construção do barramento.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 11/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-7 – Vista de aterro localizado ao lado do extravasor, no talude de jusante da barragem, contendo blocos de até ~2 metros de litotipos variados (bloco de canga e rocha gnáissica).



Figura 4-8 – Aterro entre a barragem e o canal extravasor (margem direita, talude de jusante da barragem). Lado esquerdo do aterro com blocos e lado direito com extravasor.

Na Figura 4-9 e na Figura 4-10 é possível ver que foram realizadas retiradas de amostras na parte central da crista e na berma localizada no talude a jusante da estrutura. Na reconformação do material, foi possível observar que a proteção vegetal se encontra espaçada, podendo ocorrer possíveis pontos de erosões no local. No entanto não foi observado nenhum indício de erosão ou instabilidade.

A barragem não possui dispositivos de drenagem superficial, o escoamento das águas pluviais é realizado pela face dos taludes protegidos por gramíneas.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 12/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-9 – Detalhe da região da crista onde ocorreu a retirada do bloco indeformado.



Figura 4-10 – Detalhe da região da berma onde ocorreu a retirada do bloco indeformado.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169 Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	PÁGINA 13/31 REV. A

Na ombreira esquerda do barramento foi observada a existência de vegetação densa, porém com poucos afloramentos de solo coluvionar. Em um desses pontos foi possível observar um colúvio silto argiloso pouco arenoso (fino a médio) com clastos dessimétricos e presença de muitos detritos vegetais, conforme Figura 4-11 e Figura 4-12.



Figura 4-11 – Vista da ombreira esquerda contendo vegetação densa, porém com pouco afloramentos de solo coluvionar.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 14/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-12 – Detalhe da região da ombreira esquerda a jusante, com solo coluvionar silto argiloso pouco arenoso (fino a médio) com clastos dessimétricos e presença de muitos detritos vegetais.

Na ombreira direita, ao longo do canal extravasor, foi possível observar a existência de afloramento de solo residual de gnaiss, Figura 4-13 e Figura 4-14.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 15/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-13 – Vista de afloramento de solo residual proveniente de bandamento leucocrático de rocha gnáissica (informação fornecida pela VALE) na ombreira direita, próximo ao emboque do extravasor da barragem.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 16/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-14 – Detalhe da Figura 4.12, com solo residual silto arenoso na ombreira direita a jusante da barragem.

Da Figura 4-15 até a Figura 4-17 é possível observar o trecho de jusante, após o final do canal extravasor. Foi observada a existência de blocos de rocha de diversas dimensões. Neste local também foi observada a existência do contato entre o solo coluvionar e o solo residual de gnaiss.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 17/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-15 – (A) Vista de cima para baixo dos blocos localizados a jusante do extravasor. (B) Vista de baixo para cima dos blocos localizados a jusante do extravasor.



Figura 4-16 – Vista da ombreira direita localizada a jusante do limite do extravasor, contendo solo em contato com solo residual gnáissico.



Figura 4-17 – Vista de solo em detalhe na ombreira direita, localizada a jusante do limite do extravasor.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 18/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A

O reservatório da barragem encontrava-se com nível de água operacional junto à soleira do extravasor e capacidade de acumulação de finos favorável, uma vez que foi realizada recentemente campanha de desassoreamento. A Figura 4-18 mostra uma vista geral do reservatório, a partir da crista da barragem, próximo à ombreira direita.



Figura 4-18 – Reservatório da Barragem Menezes I, a partir da crista, próximo à ombreira direita.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 19/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A

Conforme mostram a Figura 4-19 e a Figura 4-20, a margem lateral direita do reservatório encontra-se muito assoreada em quase toda a sua extensão. Cabe observar que o material visualizado é remanescente do sedimento depositado no reservatório, após a operação recente de limpeza mecânica.

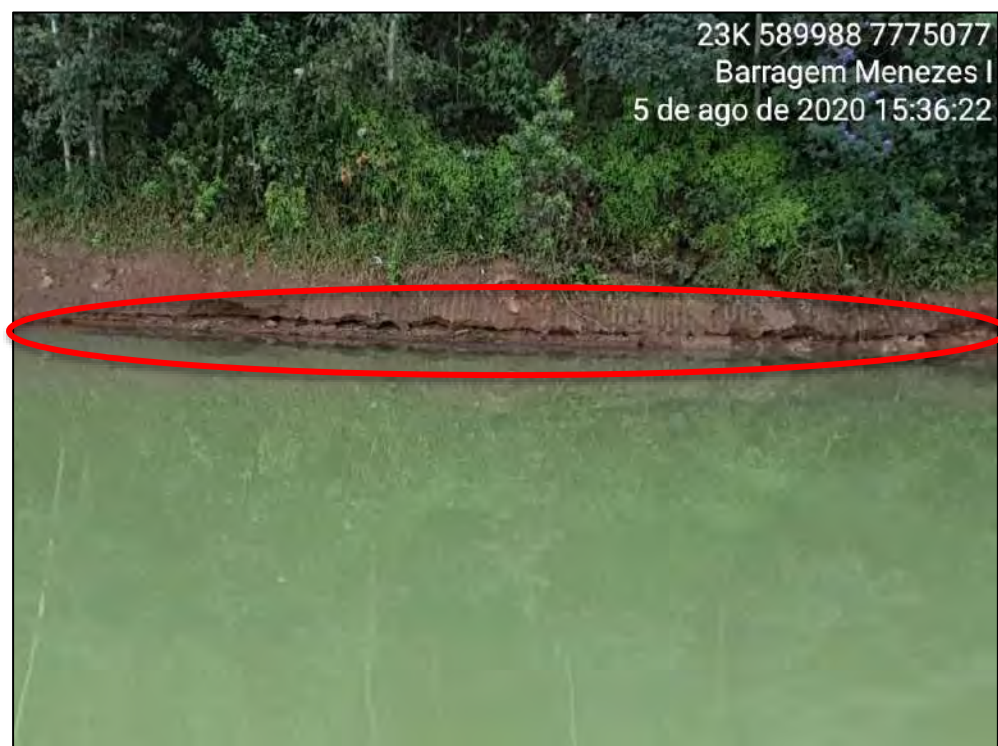


Figura 4-19 – Margem do reservatório assoreada.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169 Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	PÁGINA 20/31 REV. A



Figura 4-20 – Vista do início do extravasor e de parte do reservatório. Em destaque, assoreamento na margem do reservatório.

O sistema extravasor da Barragem Menezes I está implantado junto à ombreira direita e é composto por um canal extravasor de soleira livre, trapezoidal, com seção variável construído em concreto projetado (Figura 4-20 e Figura 4-21).

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 21/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-21 – Fotos do extravasor situado junto à ombreira direita: (A) emboque, visto por jusante e (B) canal rápido, visto por montante.

Durante a visita foram observadas algumas trincas ao longo da estrutura do extravasor, conforme mostram a Figura 4-22, a Figura 4-23, a Figura 4-24 e a Figura 4-25.



Figura 4-22 – Localização das trincas observadas “in-loco”.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 22/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-23 – (A)Trinca “01”, no trecho mais a jusante do extravasor. (B) Trinças “01” e “02”.



Figura 4-24 – Trincas/fissuras “03”, observadas ao longo do extravasor.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 23/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A

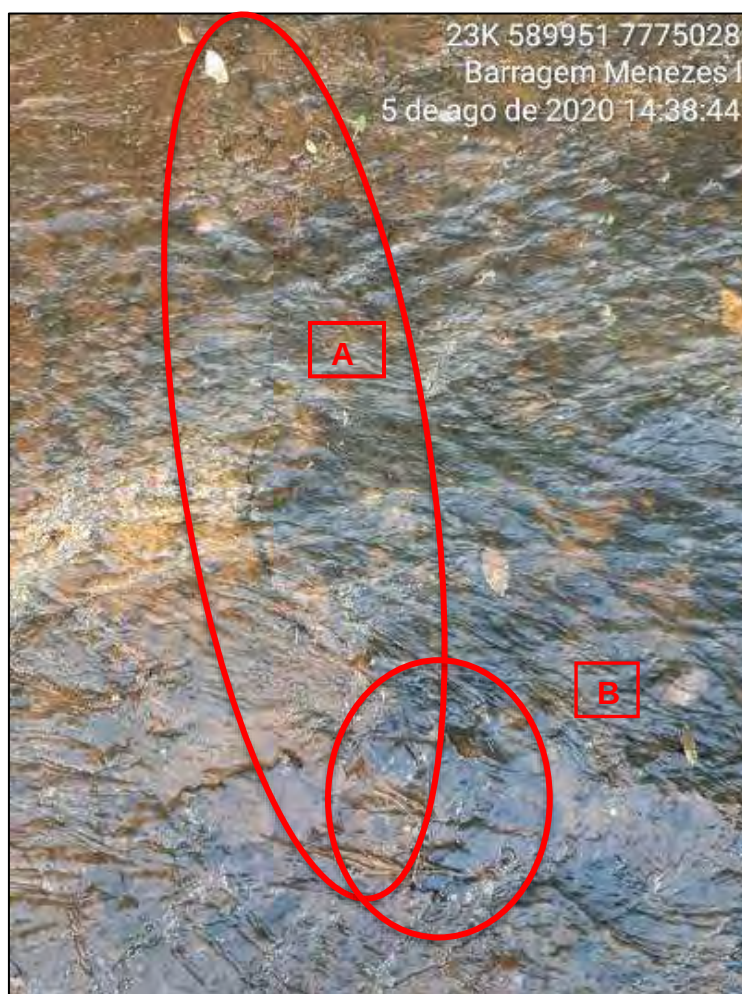


Figura 4-25 – Trinca “04”: (A) observada na região a montante do extravasor, próximo ao reservatório. (B) Ferragem exposta.

Além das trincas observadas no extravasor, também foram observadas exposições da armação da estrutura do extravasor em alguns trechos (Figura 4-26 e Figura 4-27).

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 24/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-26 – Armação aparente “01”, observada em trechos do extravasor.



Figura 4-27 – Armação aparente “02” observada em trechos do extravasor.

Durante a visita foi observada a concentração de formigas em alguns pontos do barramento, indicando a existência de formigueiros no local, mostrado na Figura 4-28.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 25/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-28 – Concentração de formigas encontrado no local.

O sistema de monitoramento da Barragem Menezes I é constituído por 4 indicadores de nível de água (INAs), sendo 1 instalado na segunda berma, 2 instalados na primeira berma e um instalado no talude de jusante, próximo à crista (Figura 4-29). Os instrumentos estavam com tampa e identificados. Na Figura 4-29 também é possível ver a régua limnimétrica para o monitoramento do nível de água do reservatório.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 26/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-29 – (A) Régua limnimétrica. (B) Indicadores de nível de água.

A vazão percolada pela barragem é monitorada por um medidor de vazão tipo calha Parshall instalado a jusante do pé da barragem (Figura 4-30). No dia da inspeção o instrumento estava com a régua suja.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 27/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-30 – Medidor de vazão da drenagem interna, visto de jusante.

Na Figura 4-31, na Figura 4-32 e na Figura 4-33 é possível ver excesso de água ferruginosa com um aspecto oleoso saindo no dreno de pé. De toda forma, cabe ressaltar que, visualmente, a água não apresentava finos em suspensão.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 28/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-31 – Água com sedimento ferruginoso, aspecto oleoso e presença de finos depositados ao fundo da calha.



Figura 4-32 – Dreno de fundo no pé da barragem.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 29/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A



Figura 4-33 – Sedimento ferruginoso com aspecto oleoso saindo no dreno de fundo, pé da barragem.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE VISITA DE CAMPO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31169	PÁGINA 30/31
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0014	REV. A

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visita técnica na Barragem Menezes I permitiu uma avaliação inicial dos pontos a serem desenvolvidos no projeto de descaracterização da Barragem, no que diz respeito ao modelo geológico-geotécnico-hidrológico da área e ao conhecimento das estruturas e dispositivos que a compõem.

Ressalta-se que essa visita, realizada no início do projeto, foi essencial para um melhor planejamento dos trabalhos que serão desenvolvidos na primeira fase do trabalho, o Estudo de Alternativas.



Anexo III - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31170

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 1/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

[illegible]

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 2/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	INTRODUÇÃO	4
2.	OBJETIVO	4
3.	LOCALIZAÇÃO	5
4.	CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS RECEBIDOS	6
5.	AVALIAÇÃO DOS DOCUMENTOS RECEBIDOS	7
5.1.	ASPECTOS TOPOGRÁFICOS	7
5.2.	ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
5.2.1.	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	8
5.2.2.	CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL	10
5.2.3.	INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS	12
5.2.4.	CONSIDERAÇÕES E COMENTÁRIOS	16
5.3.	ASPECTOS GEOTÉCNICOS	16
5.3.1.	Especificação técnica de escavação e terraplenagem para Barragem de Menezes da GEODINÂMICA (ET-GD-06/94 – FE)	16
5.3.2.	Relatório DOM-BM1-RDP-01 da DOMUS de 2012 (RELATÓRIO TÉCNICO – VOLUME 1 – DIAGNÓSTICO DE PERFORMANCE E “AS IS” DAS ESTRUTURAS)	18
5.3.3.	Ensaio Geotécnicos recebido do “As Is” da Tetra Tech (2020)	23
5.3.3.1	Ensaio de Caracterização	25
5.3.3.2	Ensaio de laboratório especiais	28

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 3/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

5.3.4. Interpretação do parâmetro não-drenado do solo residual de fundação a partir do SPT recebido da DOMUS (2012)	39
5.3.5. Consideração e Comentários dos documentos recebidos	41
5.4. ASPECTOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	42
6. CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO	43
7. METODOLOGIAS	44
7.1.METODOLOGIAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS	44
7.1.1 Análises de estabilidade	47
Metodologia	48
4.2.3.3 Parâmetros Geotécnicos	49
7.2. METODOLOGIAS HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS	50
7.2.1. Sedimentologia	51
7.2.2. Estudo de Chuvas Intensas	51
7.2.3. Critério da Cheia de Projeto	52
7.2.4. Metodologia de Cálculo	52
8. LISTA DE PENDÊNCIAS	53
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
APÊNDICES	54

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 4/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

1. INTRODUÇÃO

Por meio da proposta técnica PP-BVP-114.77-18-03 D, a BVP Engenharia foi contratada pela VALE para a prestação de serviços especializados de Engenharia contemplando o desenvolvimento do “ESTUDO DE ALTERNATIVAS, PROJETO CONCEITUAL E BÁSICO PARA DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I”.

O escopo dos serviços contempla a apresentação de solução para descaracterização da Barragem Menezes I, cuja finalidade é a contenção dos sedimentos provenientes das áreas de depósito estéreis e área de lavras. O projeto se dará a partir de 3 (três) fases: Estudo de Alternativas, Projeto Conceitual e Projeto Básico.

Partindo-se de dados disponibilizados pela VALE, será desenvolvido o estudo de alternativas conforme as normatizações vigentes que visam o aumento da segurança e confiabilidade deste estudo.

2. OBJETIVO

Este relatório tem como objetivo apresentar a consolidação de dados fornecidos pela Vale que permitirão a realização de análise crítica e a avaliação da necessidade de informações complementares para o desenvolvimento do Projeto em questão. O documento visa também apresentar as premissas, critérios e metodologias de projeto dos pontos de vista geotécnico, geológico e hidrológico-hidráulicos a serem adotados.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 5/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

3. LOCALIZAÇÃO

A seguir, a Figura 3.1 e Figura 3.2 exibem um mapa de localização da Barragem Menezes I (Brumadinho-MG). A Barragem Menezes I localiza-se no Córrego Olaria, na Mina Córrego do Feijão. A barragem tem por finalidade a contenção de sedimentos provenientes das áreas de depósitos de estéril (Menezes I, II e III), estradas e áreas de lavras. Na mesma linha de drenagem, posicionada mais a jusante, encontra-se a Barragem Menezes II. A barragem está localizada nas coordenadas UTM 589.975E / 7.775.044N. Na Figura 3.1 é apresentada alocação da Barragem Menezes I e a sua área de entorno e na Figura 3.2 é apresentada a vista geral da estrutura.



Figura 3.1 - Localização da Barragem Menezes I.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 6/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2



Figura 3.2–Vista geral da Barragem Menezes I.

4. CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS RECEBIDOS

A BVP Engenharia avaliou os dados existentes disponibilizados pela VALE os quais subsidiarão o desenvolvimento do estudo de alternativas para descaracterização da barragem Menezes I. O Apêndice A apresenta a listagem de todos os documentos recebidos disponibilizados pela VALE e que serão avaliados para a consolidação das informações existentes. Os dados que não foram fornecidos e são pertinentes na fase atual serão identificados na Lista de Pendências, caso necessário.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 7/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

5. AVALIAÇÃO DOS DOCUMENTOS RECEBIDOS

Neste item serão avaliados apenas os documentos mais relevantes disponibilizados como referência para a consolidação das informações existentes.

5.1. ASPECTOS TOPOGRÁFICOS

Para o estudo e elaboração das alternativas de descaracterização da Barragem de Menezes I, foram considerados critérios e premissas solicitados pela Vale e a boa prática da Engenharia. Para a implantação do projeto foram utilizadas as bases topográficas *Sobreposição de topografias cnivel_20200308_utm23s_Sirgas-2000_1m_parte2*, topografia atual e *Restituição Ferro-Carvão 1966_5m_recorte - SAD69*, topografia primitiva, convertida para o sistema de coordenadas Sirgas2000 para que atenda as normas vigentes (*IBGE Nº 1/2005*) estabelecidas, autorizado pela Vale.

Fez-se uma análise comparativa entre os documentos mais recentes, referentes aos logs de sondagem da Geocontrole (2020), pertencente a campanha de investigação geológico-geotécnica do As Is, em elaboração pela Tetra Tech (2020), e a Base Topográfica Primitiva, onde verificou-se inconsistências para interpretação e delimitação do maciço entre o barramento e a fundação da Barragem Menezes I.

Devido essa divergência de informações entre as sondagens e a topografia primitiva foi implantado na região do maciço uma superfície de terreno de acordo com as informações fornecidas pelas sondagens, com aproximadamente 3,50 m abaixo da topografia primitiva, garantindo assim melhor estimativa nos quantitativos e segurança nas análises.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 8/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

5.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Os dados geológicos contidos nos arquivos relativos à Barragem Menezes I e disponibilizados pela Vale, foram obtidos em um relatório elaborado por empresa contratada. Sendo ele o relatório “AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA CONCEPÇÃO DAS ESTRUT. MINA Córrego do Feijão – BARRAGEM MENEZES I RELATÓRIO TÉCNICO – VOLUME 1 – DIAGNÓSTICO DE PERFORMANCE E “AS IS” DAS ESTRUTURAS” de numeração DOM-BM1-RDP-01, elaborado e emitido pela Domus em AGO/12. Esses relatórios trazem informações acerca da geologia de fundação e do material que constitui o maciço de barramento, bem como seu entorno. Não foi disponibilizado o desenho geológico de referência do relatório em forma de mapa e seções respectivamente, existe somente um documento com as sondagens plotadas em seção geológico-geotécnica simplificada, no arquivo de numeração BM1-AI-EG-04_Rev_0. Além deste existe também um mapa geológico local simplificado de mineração BM1-AI-MG-03.

5.2.1. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

No âmbito geológico o Complexo Minerador de Córrego do Feijão está inserido na porção meridional do Cráton São Francisco, no denominado quadrilátero ferrífero, onde ocorrem os sedimentos plataformais do Supergrupo Minas, de idade Paleoproterozóica – contendo corpos ricamente mineralizados – em contato com terrenos mais antigos (arqueanos) constituídos predominantemente por rochas cristalinas granito – gnáissicas pertencentes ao Complexo Bonfim e Gnaiss Souza Neschese e secundariamente por rochas pertencentes ao Grupo Nova Lima (unidade litoestratigráfica do Supergrupo Rio das Velhas). Corpos intrusivos sob a forma de sill ou diques comparecem entremeando-se ou seccionando as camadas metasedimentares. Sobreposto às rochas constituintes do Supergrupo Minas ocorrem,

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 9/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

os depósitos de coberturas, recentes, de idade Cenozóica, representados por depósitos lateríticos, cangas, e depósitos coluvionares e aluvionares.

A região em questão foi palco de intenso tectonismo, em períodos geológicos distintos, responsáveis tanto pelo metamorfismo que atuou sobre os sedimentos do Supergrupo Minas, quanto pelos efeitos estruturais, de caráter regional, representados pela profusão de dobramentos (sinclinais e antiformais), falhamentos e fraturamentos que deformaram e marcaram fortemente as rochas pré-existentes.

O Supergrupo Minas é constituído por quatro unidades lito-estratigráficas distintas, representadas pelo Grupos: Caraça (o mais antigo), Itabira, Piracicaba e Sabará (o mais recente), sendo que destes apenas os dois primeiros ocorrem na região de interesse. As principais características lito-estratigráficas e estruturais estão descritas sumariamente, a seguir:

Grupo Caraça: constituído pelas formações Moeda (a mais antiga) e Batatal:

- Formação Moeda: constituída por delgado nível de quartzito micáceo podendo variar para quartzito-xisto ou quartzito conglomerático, seus contatos com Grupo Nova Lima (inferior) e com a formação Batatal (superior) apresentam forte caráter tectônico.
- Formação Batatal: constituída predominantemente por filitosséricíticos, em geral grafitosos, com níveis de quartzito micáceo intercalados.

Grupo Itabira: representado pelas formações Cauê e Gandarela, caracterizadas a seguir:

- Formação Cauê: representada predominantemente por itabiritos de fácies óxido, laminados e metamorfizados. Apresentam-se alterados e friáveis até grandes

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 10/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

profundidades estando associados à presença de água face à sua natureza fratura e porosa. Associados aos itabiritos ocorrem lentes de hematita e níveis carbonáticos.

- Formação Gandarela: representada por itabiritos carbonáticos e/ou anfíbolíticos, dolomitos ferro-manganesíferos e dolomito cinza, bem como por níveis ferro-manganesíferos.

Grupo Piracicaba: constituída pelas formações Cercadinho e Fecho do Funil, abaixo apresentadas:

- Formação Cercadinho: constituída predominantemente por quartzitos ferruginosos micáceos ou puros, quartzo-sericitafilitos e filitossericíticosgrafitosos.

- Formação Fecho do Funil: constituída basicamente por filitosgrafitosos e mais raramente por filitos dolomíticos e dolomito.

5.2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

Conforme o projeto DOM-BM1-RDP-01 da empresa Domus (2012), a barragem Menezes I foi implantada no local do domínio geológico das rochas arqueanas, pertencentes à unidade estratigráfica denominada Gnaiss Souza Noschese – representante local dos Complexos Ortognáissicos – constituída por gnaiss graníticos, com foliação incipiente, equigranulares, com granulometria média, coloração cinza clara a esbranquiçada. No local o maciço rochoso gnáissico, são, muito consistente e pouco fraturado, comparece, em geral, capeado por manto de alteração de espessura variável, constituído por horizontes de solo residual e de saprolito, de textura arenosa, pouco siltosa, e por solos de origem transportada – colúvio – com textura argilo-arenosa e coloração marrom avermelhada, dominado superficialmente as vertentes. Depósitos de canga limonítica ocorrem localmente, sobreposto ao gnaiss. Depósitos

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 11/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

antrópicos são representados pelo aterro da barragem e pelos sedimentos finos por ele contidos e que assoreiam parcialmente o reservatório.

Esse aterro, que compõe o maciço de barramento, é constituído por materiais de textura areno-siltosa, pouco argilosa, com pedregulhos, certamente provenientes de área de empréstimo ou da utilização de estéril advindo de decapeamento de mina.

O Mapa Geológico-Geotécnico do Projeto de “As Is” da Tetra Tech (ref. 1850JJ-X-31212) apresentado na figura 5-11, tem informações sobre os materiais aflorantes ao longo das ombreiras, e área a jusante da Barragem Menezes I. Ao longo da ombreira esquerda foi mapeado solo residual maduro de gnaiss, em contato com filito ambos do Complexo Bonfim, e também em contato com colúvio. Já na ombreira esquerda foram identificados materiais de cobertura cenozóica, como colúvio e canga laterítica. Na região a jusante da Barragem Menezes I foi mapeado presença de colúvio e solo residual maduro de gnaiss. Ressalta-se que a seção BB do documento não foi disponibilizada ainda para a BVP Engenharia.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 12/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

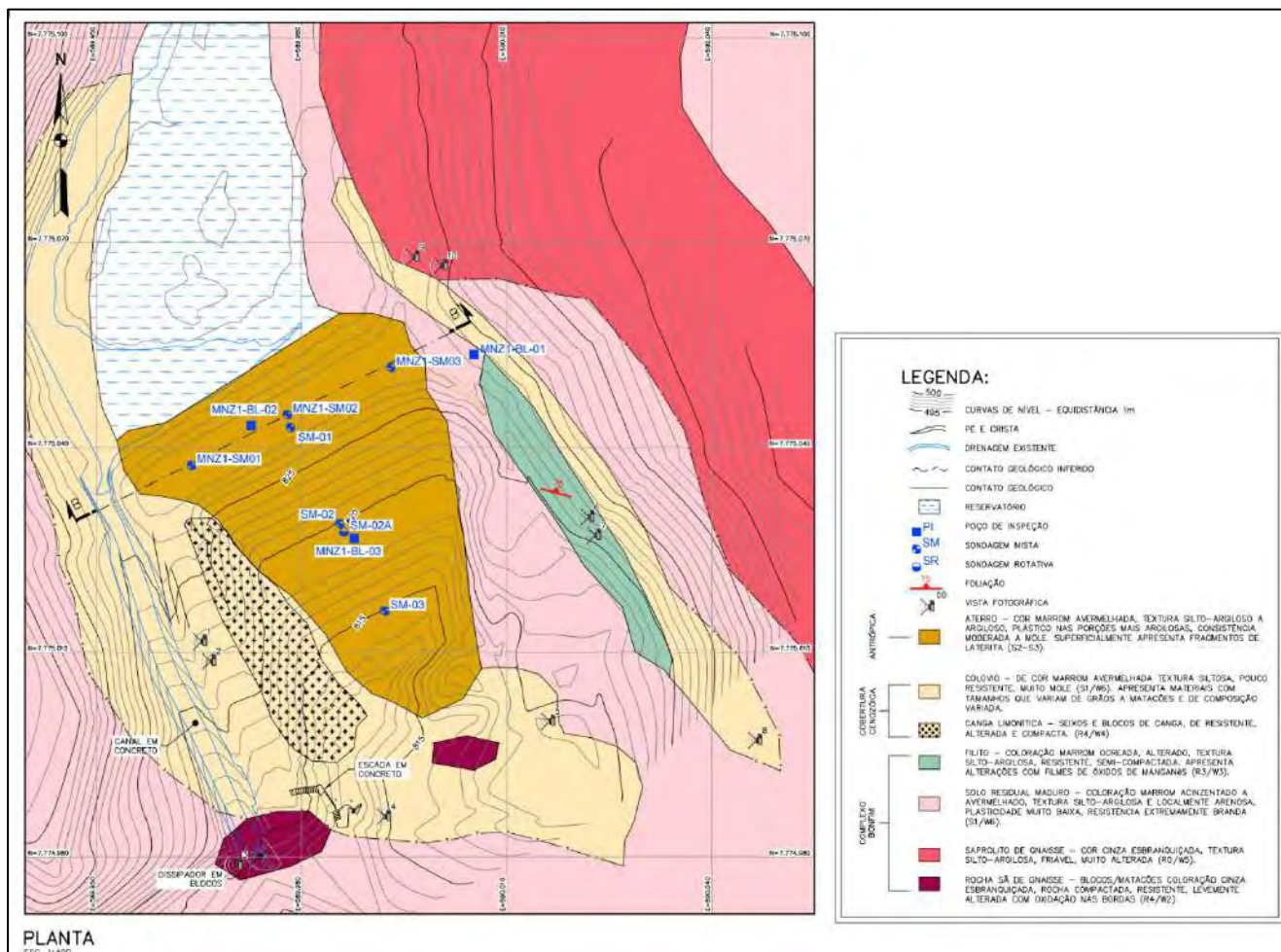


Figura 5-11 - Mapa Geológico-Geotécnico do Projeto As Is da Tetra Tech (2020) (ref. 1850JJ-X-31212)

5.2.3. INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

Esse capítulo contempla os dados recebidos que dizem respeito à campanha de sondagens realizadas, juntamente aos dados de sondagens citadas nos relatórios analisados. A Barragem Menezes I foi investigada através de 04 furos de sondagem mistas, empreendidos na campanha desenvolvida pela Domus (2012), sendo um furo foi executado com finalidade de retirada de amostra indeformada.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 13/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

A Tabela 5.1 abaixo organiza os furos de sondagem mista realizados na campanha da Domus (2012). Foram executados 3 furos de sondagem com medidas de SPT até o limite do impenetrável, estes dados são apresentados os intervalos descritos com as respectivas profundidades. Também foi desenvolvida uma sondagem SM-02A nas proximidades da SM-02, com a finalidade já previamente descrita, de amostragem de material indeformado para ensaio laboratorial.

Tabela 5.1 - Campanha de Investigação Geológico-Geotécnica desenvolvida pela Domus (2012) (ref. DOM-BM1-RDP-01)

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição
SM-01	E 589978.35 N 7775042.95	827,461	21,70	10,95	0,00	13,45	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					13,45	17,45	Canga
					17,45	18,70	Solo residual - Areia pouco siltosa, amarela
					18,70	21,00	Saprolito - Areia pouco siltosa esbranquiçada
					21,00	21,70	Gnaiss
SM-02	E 589985.57 N 7775028.83	819,785	11,35	5,93	0,00	8,45	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					8,45	10,55	Saprolito - Areia pouco siltosa esbranquiçada
					10,55	11,35	Gnaiss
SM-02A	E 589986.18 N 7775027.63	819,785	8,65	-	0	8,65	Areia (fina, grossa e média), siltosa, pouco argilosa, com pedregulhos, marrom escura.
SM-03	E 589992.16 N 7775016.05	814,672	15,17	2,64	0,00	3,30	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					3,30	3,60	Transição pedregulhos
					3,60	5,42	Dreno - blocos de rocha
					5,42	8,25	Solo residual - Areia pouco siltosa, amarela
					8,25	12	Solo residual - Areia pouco siltosa, esbranquiçada
					12	15,17	Saprolito - Areia

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 14/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição
							pouco siltosa, esbranquiçado
					15,17	15,25	Gnaiss

Foram disponibilizados também as sondagens programadas para o Projeto As Is da Tetra Tech (2020). Destes estudos foram disponibilizados 3 logs de sondagem ao longo da crista, executados pela Geocontrole em 2020. A Tabela 5-2 - **Campanha de Investigação Geológico Geotécnica Projeto As Is**

Tetra Tech (2020). apresenta os dados das sondagens do As Is conforme descrição da Geocontrole.

Tabela 5-2 - Campanha de Investigação Geológico Geotécnica Projeto As Is Tetra Tech (2020).

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição (Geocontrole, 2020)
MNZ1-SM-01	E 589.963,851 N 7.775.037,373	828,984	24,00	12,55	0,00	3,47	Aterro silto-argiloso, arenoso, com pedregulhos de até 3,0 cm. Apresenta raízes superficiais e oxidação incipiente. Cor marrom avermelhado. Resistente média a rija.
					4,00	14,00	Aterro areno-siltoso, com pedregulhos de até 5,0 cm de composição e forma variada. Cor marrom escuro. Resistente pouco compacta a compacta.
					14,00	17,10	Saprolito de gnaiss, silto arenoso (areia média a grossa). Apresenta estrutura reliquiar. Cor ocre a cinza. Apresenta eventuais fragmentos de quartzo de até 1cm. Resistência rija a dura.
					17,10	20,00	Gnaiss de cor branco a cinza, extremamente e levemente alterado. Medianamente resistente.
					20,00	24,00	Gnaiss de cor branca a cinza, medianamente a muito fraturado e são. Resistente.
MNZ1-SM-02	E 589.977,927 N 7.775.044,860	828,932	26,000	15,13	0,00	3,00	Aterro argilo-siltoso, arenoso com pedregulhos de até 5,0 cm de hematita compacta. Cor marrom avermelhado. Resistência média.
					3,00	5,45	Aterro areno-siltoso, com pedregulhos de até 4,0 cm. Cor marrom. Resistência pouco a medianamente compacta.
					5,45	6,00	Aterro argilo-arenoso (areia grossa),

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 15/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição (Geocontrole, 2020)
							com pedregulhos de até 3,0 cm. Cor marrom.
					6,00	16,45	Aterro areno-siltoso, localmente argiloso, com pedregulhos de até 1,5 cm. Cor marrom. Resistência medianamente compacta a compacta.
					16,45	18,00	Aterro composto por pedregulhos de hematita e xisto até 12,0 cm. Cor cinza e branco. Resistência muito compacta.
					18,00	21,00	Aterro composto por blocos de hematita compacta até 45,0 cm e eventuais pedregulhos de gnaiss de até 4,0 cm. Cor cinza.
					21,00	26,00	Gnaiss com eventuais passagens de xistosidade bem desenvolvida, levemente alterado e muito a extremamente fraturado. Localmente, apresenta dendritos milimétricos de manganês em fraturas. Cor branco com partes cinza. Medianamente resistente a resistente.
MNZ1-SM-03	E 589.993,068 N 7.775.051,746	828,84	15,17	14,47	0,00	5,00	Aterro silto argiloso, alternando com trechos argilo siltoso, com pedregulhos de até 5cm. Cor avermelhada a marrom. Resistência média a dura.
					5,00	6,47	Aterro arenoso fino, silto argiloso, ferruginoso, com pedregulhos milimétricos. Cor cinza, a marrom escura. Resistência média a rija.
					6,47	8,00	Aterro silto argiloso, com pedregulhos de até 5cm. Cor avermelhada a marrom.
					8,00	10,00	Solo residual, argilo siltoso, com pedregulhos de até 5cm. Cor avermelhada, com manchas ocre brancas. Resistência mole a dura.
					10,00	11,00	Não recuperado
					11,00	11,46	Trecho arenoso (fino a médio), com fragmentos milimétricos de rocha na porção basal. Cor marrom clara. Resistência fofa.
					11,46	12,23	Saprolito de gnaiss, com matriz areno siltosa (proporções variáveis), contribuições cauliniticas, e fragmentos centimétricos de rocha, imersos na matriz. Cor ocre a marrom, com partes brancas. Resistência muito compacta.
					12,23	18,00	Gnaiss levemente alterado, pouco a extremamente fraturado, com oxidação entre as fraturas. Cor branca. Medianamente resistente
					18,00	20,00	Gnaiss são, com trecho levemente alterado entre (18.00 a 18.20m), apresenta oxidação entre as fraturas. Cor branca. Medianamente resistente.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 16/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

5.2.4. CONSIDERAÇÕES E COMENTÁRIOS

Na documentação, foi notado a falta de documentação de cartografia geológica detalhada, entretanto foram disponibilizados os logs dos furos de sondagem, facilitando a interpretação de uma seção típica. Para uma devida caracterização geológico-geotécnica e melhor compreensão das unidades constituintes, não só da linha de centro da Barragem, uma campanha de investigações complementar pode auxiliar na execução de produtos em formas de mapas detalhados e seções geológico-geotécnicas.

5.3. ASPECTOS GEOTÉCNICOS

5.3.1. Especificação técnica de escavação e terraplenagem para Barragem de Menezes da GEODINÂMICA (ET-GD-06/94 – FE)

O documento da GEODINÂMICA descreve como deveria ser executado na época as escavações e os aterros da Barragem Menezes I. Como não existem documentos que mostram o controle tecnológico da execução da barragem Menezes I, descreve-se a seguir as recomendações da especificação técnica, para ter uma ideia de como foi executado tanto as escavações como o aterro.

Em relação as escavações:

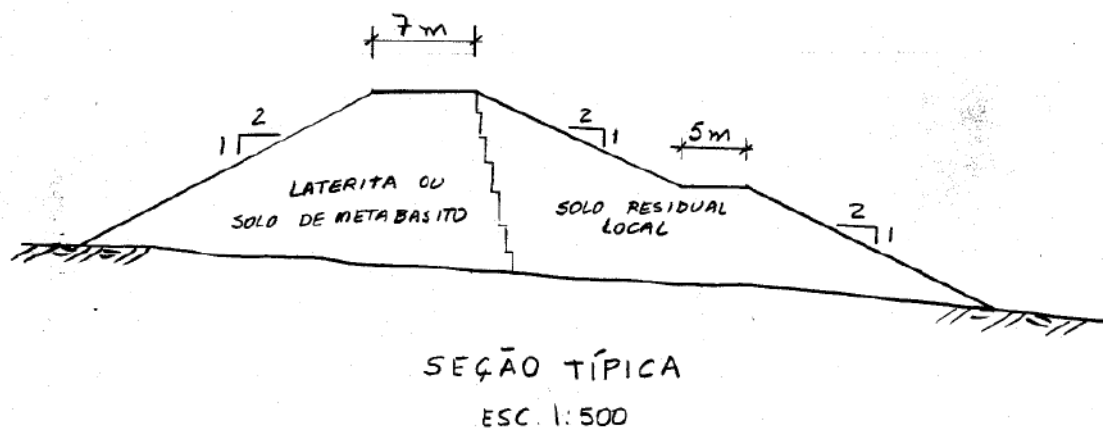
- Deverá ser removido todo o material da camada superficial com espessura mínima em torno de 0,5 metros, tanto nas áreas de empréstimo como na área da barragem, assentando a barragem em coluvião ou em solo residual de gnaiss. Todo material orgânico deve ser removido.
- Para execução do aterro a superfície deverá estar isenta de materiais orgânicos amolecidos ou ressecados.
- As escavações nas obreiras deverão ser em forma de degraus para melhorar aderência das camadas a serem compactadas.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 17/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

- Na medida do possível, o aterro deve ser iniciado imediatamente após a conclusão das escavações.
- O material da área de empréstimo deverá ser escavado com trator e imediatamente colocado no local da barragem com o próprio trator ou caminhão basculante.

Em relação ao aterro:

- Deverão ser utilizados para a construção dos aterros preferivelmente a laterita ou solo de metabasito. Alternativamente, a parte de montante da barragem (até passar a crista) poderá ser feita com a laterita e a parte de jusante com o solo residual local a montante da barragem conforme o croqui esquemático a seguir:



- Os solos deverão estar isentos de matéria orgânica e fragmentos de rocha de diâmetros superior a 10 cm.
- A seção da barragem deverá ter taludes de 1V:2H a montante e a jusante com berma de 5m na cota 819,00 e crista de 7m na cota 826,00. As bermas deverão ter sistema de drenagem superficial. Os taludes de jusante deverão ser recobertos com grama.
- O material deverá ser espalhado em camadas de 0,60m (fofo) para laterita e camadas de 0,40m para solo residual local e compactados, conforme seção de

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 18/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

projeto, com próprio trator, caminhão cheio ou compactador com 5 passadas em faixas.

5.3.2. Relatório DOM-BM1-RDP-01 da DOMUS de 2012 (RELATÓRIO TÉCNICO – VOLUME 1 – DIAGNÓSTICO DE PERFORMANCE E “AS IS” DAS ESTRUTURAS)

Segundo o relatório DOM-BM1-RDP-01 barramento, em etapa única, em maciço de seção homogênea, de solo compactado, porém sem comprovação de utilização de controle tecnológico, com aproximadamente 13,45m de altura, contados sob a crista, cuja posição encontra-se na elevação média de 827,50m. O empreendimento foi implantado no ano 1994 com base no projeto elaborado pela Geodinâmica Engenharia.

Instrumentação de Auscultação:

Foram instalados pela Domus Engenharia três instrumentos para averiguação de subpressões hidrostáticas, aproveitando-se para isso as perfurações remanescentes das sondagens mistas realizadas na época. Esses instrumentos são constituídos por três indicadores de nível d'água. Os indicadores de nível d'água, identificadas pela sigla INA, foram instalados nos horizontes indicados na

Tabela 5.3, apresentado abaixo.

Tabela 5.3 - Instrumentos – Características Geométricas

Nº do instrumento.	Sond. Nº.	Coord. (m)	Elevação (m)		Prof Inst. (m)	Diâm (mm)	Prof. do N.A (m)12/06 /12	Horizonte
			Topo	Base				
CFJM1INA002	SM-01	7.775.088,084 590.023,047	828,261	806,561	21,70	25	10,95	Fundação – solo residual / saprolito

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 19/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

CFJM1INA003	SM-02	7.775.073,965 590.030,274	820,585	809,385	11,20	25	5,93	Contato Fundação / aterro
CFJM1INA004	SM-03	7.775.061,178 590.036,862	815,472	808,672	6,80	25	2,64	Dreno de pé

Ensaio de Laboratório:

As amostras indeformadas retiradas no sítio da barragem, conforme indicado na

Tabela 5.4, foram realizados no laboratório ensaios de caracterização e ensaios especiais de resistência ao cisalhamento.

Tabela 5.4 - Sondagem Rotativa – Amostragem Indeformada

Sondagem			Amostra			Horizonte
Nº	Prof. (m)	Prox.	Tipo	Forma	Prof. (m)	Origem / Textura
SM-02A	8,65	SM-02	“Denison”	Cilíndrica ϕ 3”	3,08 a 4,00	Aterro

Os resultados obtidos a partir dos ensaios realizados são apresentados resumidamente, nas formas numérica e gráfica, no desenho nº BM1-AI-EG-05, inserido no volume 1 – Desenhos.

Os parâmetros de resistência dos ensaios triaxiais consolidados não drenados, para tensões totais e efetivas, obtidos a partir das envoltórias de Mohr, com base no critério de ruptura para tensões de desvio ($\sigma_1 - \sigma_3$) máxima, são:

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 20/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

- Tensões totais: $c = 0,47 \text{ kgf/cm}^2$ e $\phi = 43,2^\circ$

- Tensões efetivas: $c' = 0,12 \text{ kgf/cm}^2$ e $\phi' = 38,2^\circ$

Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados em corpos de prova talhados sobre a amostra identificada acima, cujos resultados deram origem a envoltória mostrada no desenho nº BM1-AI-EG-05 inserido no volume 1 – Desenhos. A envoltória originada pela plotagem dos quatro pares de valores (tensão cisalhante contra tensão normal) indica, para as características do ensaio, os parâmetros de resistência apresentados abaixo:

Para tensões efetivas: $c' = 0,10 \text{ kgf/cm}^2$ e $\phi' = 39,1^\circ$

Modelo Geotécnico:

O modelo foi representado pela seção AA mostrada na Figura 5.1. A análise de estabilidade global ao deslizamento do talude de jusante da barragem foi realizada, tendo como base de entrada os parâmetros de peso específico total e de resistência ao cisalhamento para pressões efetivas, obtidos através dos ensaios geotécnicos de laboratório e nos resultados dos ensaios realizados “in situ”. Além disso, ressalta-se que sobre os parâmetros de ângulo de atrito e de coesão oriundos dos ensaios realizados aplicaram-se fatores de minoração de 1,10 e 1,50, respectivamente. Os parâmetros de projeto, pertinentes a todos os horizontes envolvidos, foram consistidos e consolidados com base nos resultados advindos de ensaios, da bibliografia disponível e da experiência adquirida no trato com projetos semelhantes. Tais parâmetros são apresentados na Tabela 5.5.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 21/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

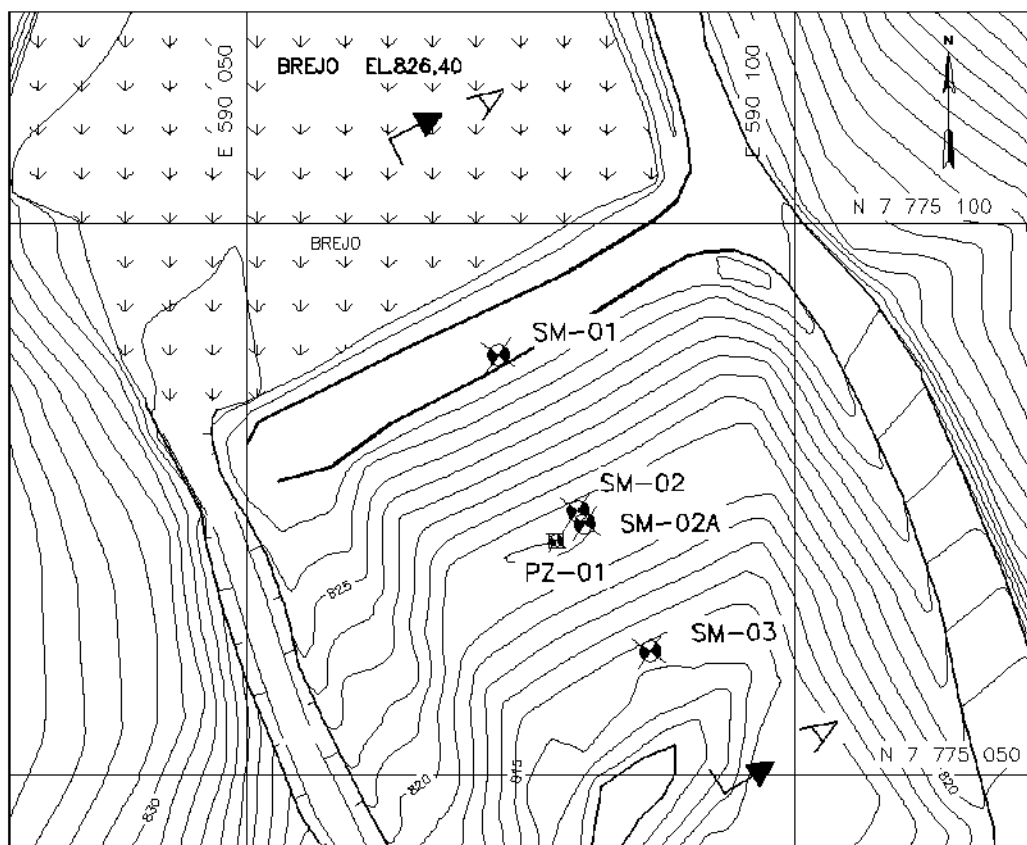


Figura 5.1–Seção AA (DOMUS,2012)

Tabela 5.5 - Parâmetros Geotécnicos (Domus, 2012)

Estrutura	Material	Peso Esp. Total (kN/m³)	Resistência ao Cisalhamento		Coeficiente Permeabil. (K _x) (m/s) (3)	K _y /K _x
			c' (kPa)	Φ' (°)		
Aterro	Areia siltosa, com pedregulhos ⁽¹⁾	30,9	7,0	35,0	1,2 x 10 ⁻⁶	1/7
	Blocos de rocha ⁽²⁾	26,0	0,0	42,0	7,5 x 10 ⁻⁶	1/1
Fundação	Canga limonítica ⁽²⁾	20,5	20,0	42,0	5,4 x 10 ⁻⁷	1/2
	Solo residual – Areia siltosa ⁽²⁾	20,0	0,0	32,8	4,0 x 10 ⁻⁶	1/5
	Saprolito – Areia siltosa ⁽²⁾	22,0	0,0	43,0	6,0 x 10 ⁻⁷	1/5

(1) Parâmetros obtidos por meios de ensaios de laboratório;

(2) Parâmetro não foi informado;

(3) Parâmetro obtidos por meio de ensaios de infiltração;

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 22/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Segundo o RL da Domus (2012), para determinação dos dados dos coeficientes de permeabilidade foram feitos ensaios de infiltração no Aterro e na fundação. Os parâmetros geotécnicos do aterro (Areia siltosa, com pedregulhos) foram estimados a partir dos ensaios realizados em amostra indeformado tipo “Denilson” na profundidade 3,08m a 4,00m. Com relação aos parâmetros geotécnicos da Canga Limonítica, Solo residual (Areia siltosa) e o Saprolito (Areia Siltosa) não foi especificado se foi retirado da bibliografia disponível ou da experiência adquirida com projetos semelhantes.

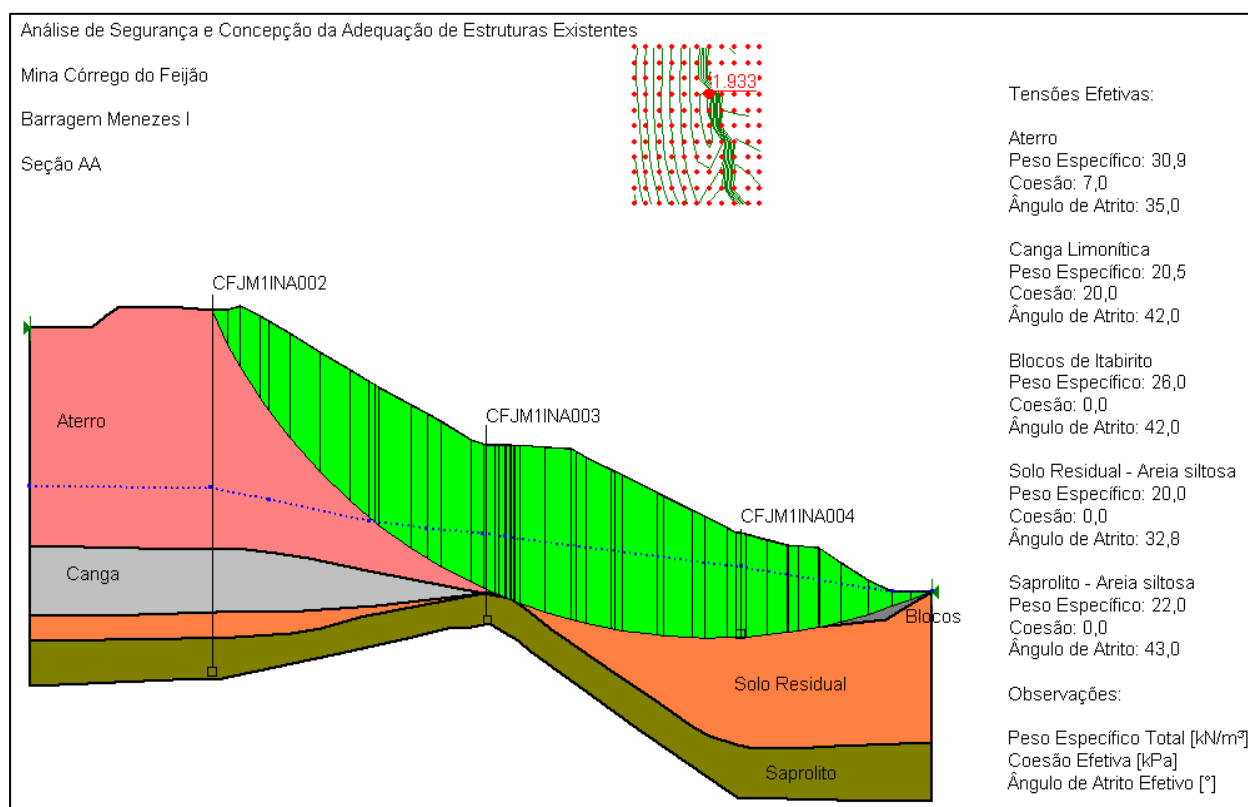


Figura 5.2–Ruptura global da seção analisada (DOMUS, 2012)

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 23/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

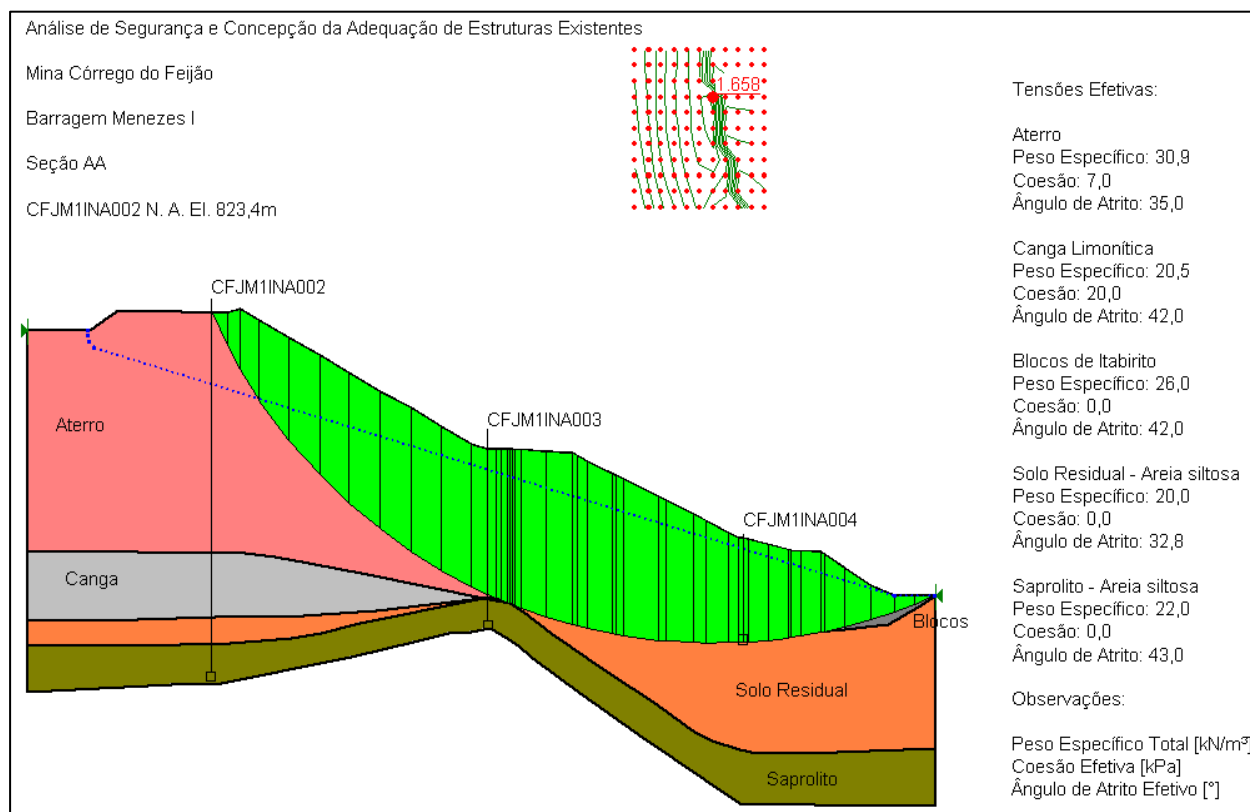


Figura 5.3–Ruptura global com levantamento da linha freática (Domus, 2012)

5.3.3. Ensaios Geotécnicos recebido do “As Is” da Tetra Tech (2020)

Durante o período do estudo de alternativas da Barragem Menezes I, foram recebidos 3 ensaios de caracterização completa e 3 ensaios triaxiais CIU da VALE referente ao “As Is” da TetraTech. A Figura 5.4 mostra em detalhes onde foram retiradas dos blocos indeformados das amostras recebidas.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 24/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

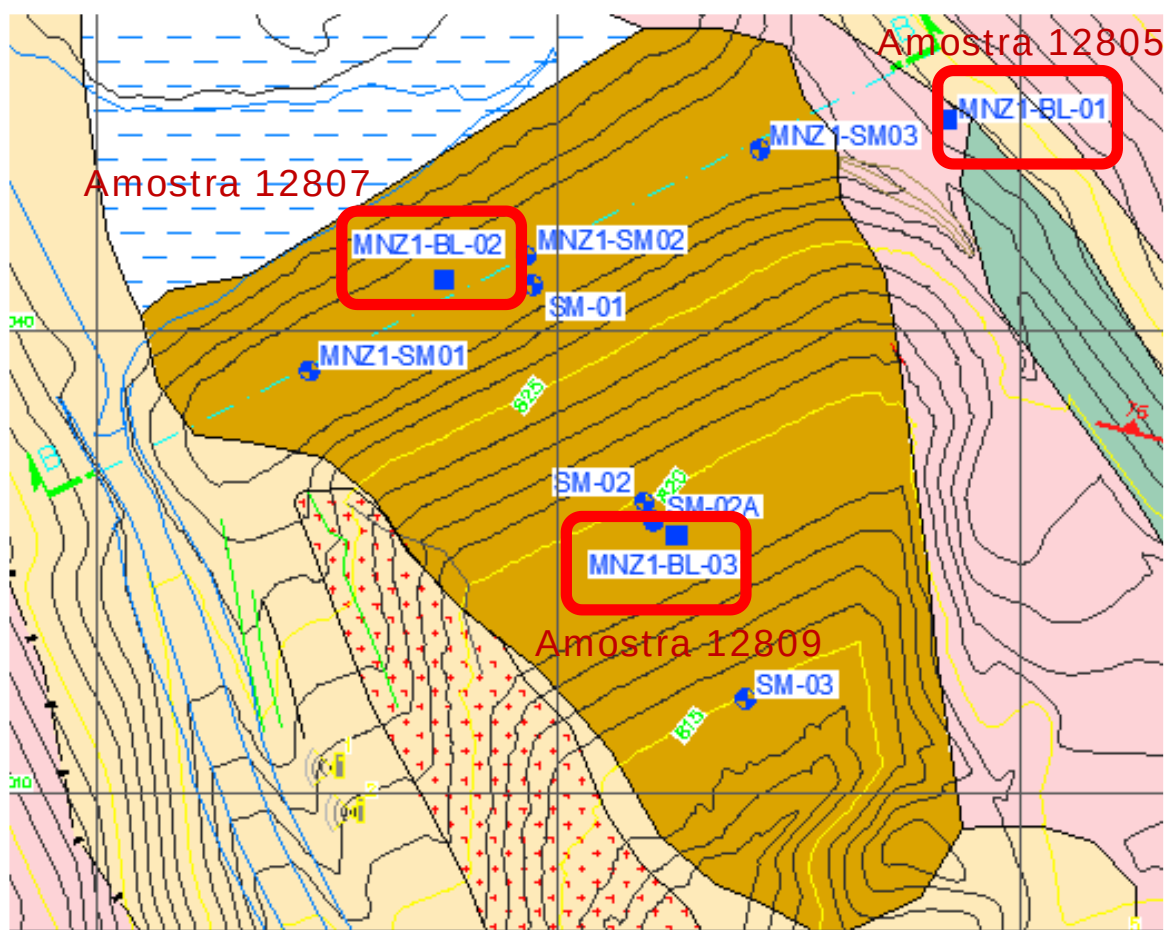


Figura 5.4–Desenho 1850JJ-X-31212 - Mapa Geológico-Geotécnico - Planta (Tetra Tech, 2020)

Como pode ser visto na Figura 5.4, foi retirado 2 blocos indeformados no maciço da barragem, sendo 1 bloco retirado na crista e o outro retirado na berma, e 1 bloco indeformado retirado na ombreira esquerda. Os itens a seguir será mostrado a interpretação da BVP Engenharia dos ensaios recebidos.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 25/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

5.3.3.1 Ensaios de Caracterização

A Tabela 5.6 apresenta o resultado dos ensaios de caracterização executados nas amostras deformadas retiradas do aterro experimental e as Figura 5.5 e Figura 5.6 apresenta as curvas granulométricas. Foram disponibilizados apenas 3 (três) ensaios de caracterização completa executados pela GEOCONTROLE. São elas as amostras: (1) EC_12804 retirada do bloco indeformado MNZ1-BL01, (2) EC_12806-AI retirada do bloco indeformado MNZ1-BL02, e (3) EC_12808-AI retirada do bloco indeformado MNZ1-BL03. As amostras 12808 (Berma) e 12806 (Crista) foram retiradas do maciço da barragem Menezes e a amostra 12804 foi retirado da ombreira esquerda. A amostra retirada da ombreira esquerda foi interpretado como colúvio laterítico.

Tabela 5.6 – Ensaios de Caracterização – Resumo dos resultados (Geocontrole, 2020)

AMOSTRA					γ_s	$w_{nat.}$						LIMITES DE ATTERBERG				
Ano	Documento	Laboratório	Local	Amostra	(g/cm³)	(%)	Arg.	Sil	Areia			Ped.	LL	LP	IP	IP (linha A)
									Fina	Média	Grossa					
2020	EC_12804-RX	Geocontrole	Córrego do Feijão - Barragem Menezes 1	12804	1,550	26,79	21,00	50,80	17,21			10,98	50,80	41,40	9,40	MH
	EC_12806-RX			12806	2,048	20,19	9,20	60,99	22,32			7,49	NP	NP	NP	NP
	EC_12808-RX			12808	2,604	13,27	5,70	33,76	42,25			18,28	NP	NP	NP	NP

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 26/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

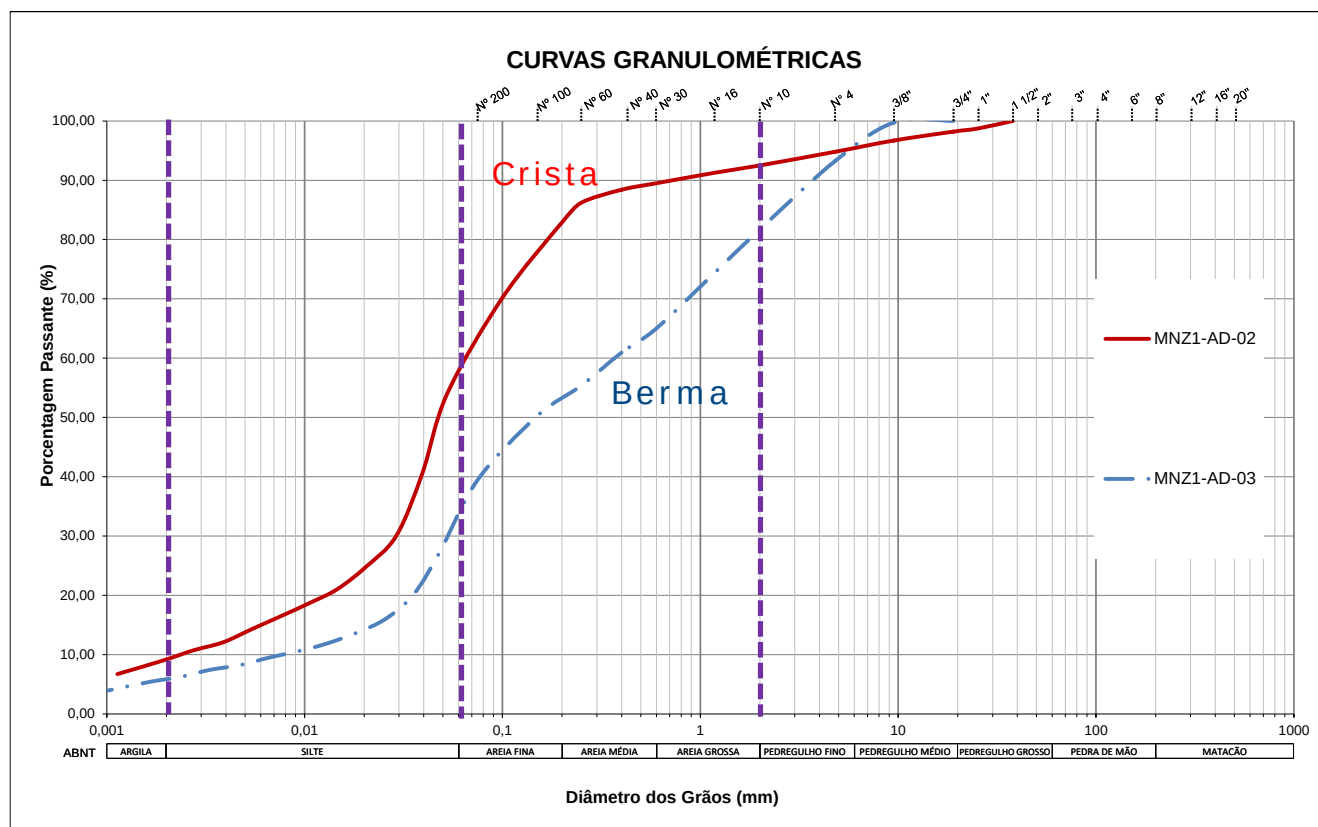


Figura 5.5—Curvas granulométricas do maciço da barragem (Amostra 12806 – MNZ1-BL-02 e Amostra 12808 – MNZ1-BL-03).

É possível verificar na Figura 5.5 que os resultados demonstram curvas muito distintas, mesmo as duas amostras sendo retiradas do maciço da barragem. Verifica-se que a amostra retirada na berma da barragem tem um teor muito alto de pedregulhos em relação a crista da barragem. Com relação aos limites de consistência, o material do maciço da barragem é classificado como não plástico.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 28/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

5.3.3.2 Ensaios de laboratório especiais

Dentro os dados existentes disponibilizados que subsidiarão o desenvolvimento do projeto, foi verificado apenas 3 (três) ensaios de Compressão Triaxial, que foram executados pela GEOCONTROLE. São elas as amostras: (1) EC_12805 retirada da sondagem MNZ1-BL01, (2) EC_12807-AI retirada da sondagem MNZ1-BL02, e (3) EC_12809-AI retirada da sondagem MNZ1-BL03.

Segundo o desenho 1850JJ-X-31212.dwg (Figura 5.4) recebido junto com os ensaios, as amostras EC_12807-AI e EC_12809-AI foram retirados do maciço da barragem e a amostra EC_12805 foi retirada da ombreira esquerda. Segundo a interpretação geológica da BVP, entendeu-se que a amostra retirada da ombreira esquerda é de um colúvio laterítico.

O ensaio de resistência ao cisalhamento foi realizado em corpos de prova talhados em laboratório, a partir das amostras disponibilizadas pela Vale. Foram executados ensaios de compressão triaxial do tipo rápido, adensado, saturado e com medida de pressão neutra (CIUsat), com tensões confinantes de 50, 100, 200 e 400kPa.

Nos ensaios não drenados, além do critério de ruptura definida a partir do valor de 10% axial strain da tensão desviadora (σ_d), também foi considerado o critério de ruptura dos 10% axial strain entre as tensões principais efetivas σ'_1/σ'_3 .

Resultados Obtidos:

Na Tabela 5.7 encontram-se sumarizados os resultados do ensaio de resistência triaxial executado analisando a máxima desviadora e 10% Axial Strain.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 29/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Tabela 5.7 – Resultados obtidos dos ensaios triaxiais recebidos e interpretado pela BVP

Amostra	Tensão	Máxima Desviadora		10% Axial Strain	
		c' (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)
EC_12805-AI	Efetiva	20,2	31	7,8	33,2
EC_12807-AI	Efetiva	12,8	31,4	11,7	31,2
EC_12809-AI	Efetiva	0	34,5	0	35,3

Comportamento Tensão x Deformação:

Nas figuras a seguir (Figura 5.7, Figura 5.8 e Figura 5.9) são apresentados os comportamentos tensão x deformação dos ensaios recebidos e realizados em condição não drenada.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 30/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

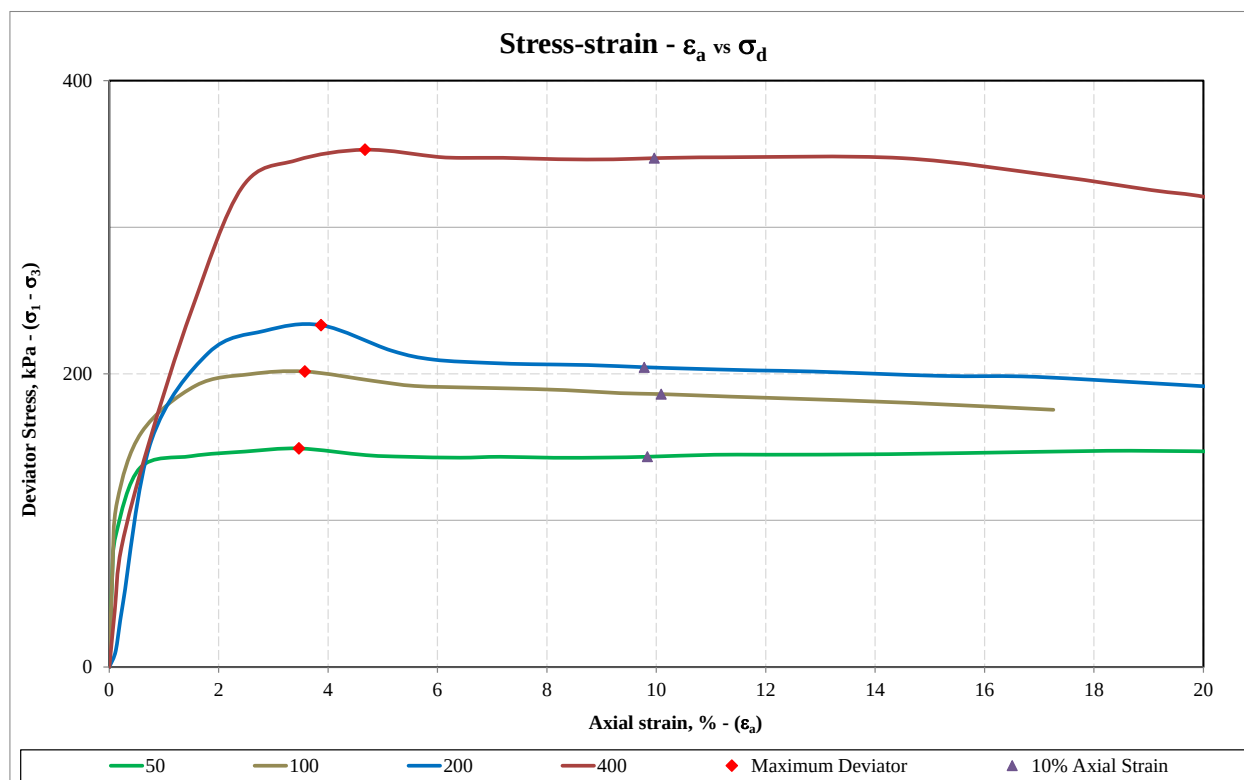


Figura 5.7–Gráfico tensão x deformação do ensaio realizado em condição não drenada do colúvio laterítico (Amostra EC_12805-AI).

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 31/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

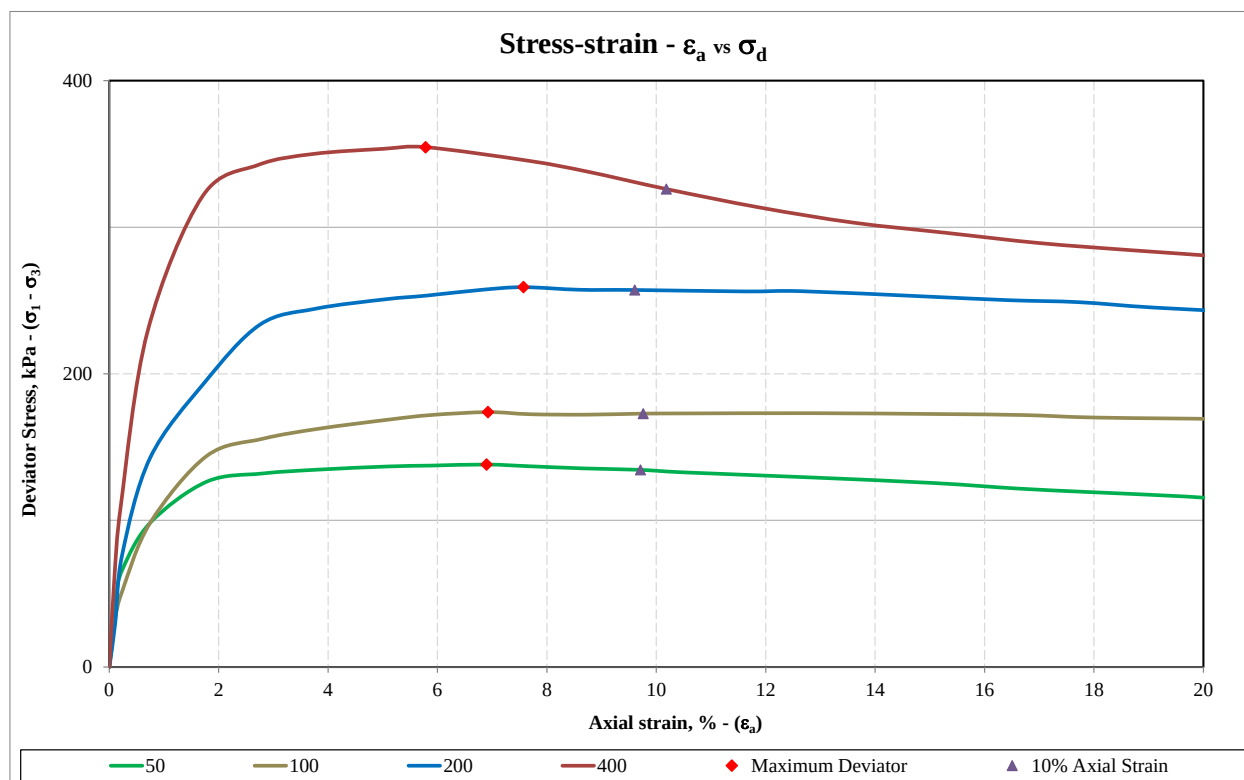


Figura 5.8—Gráfico tensão x deformação do ensaio realizado em condição não drenada da crista da barragem (Amostra EC_12807-AI).

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 32/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

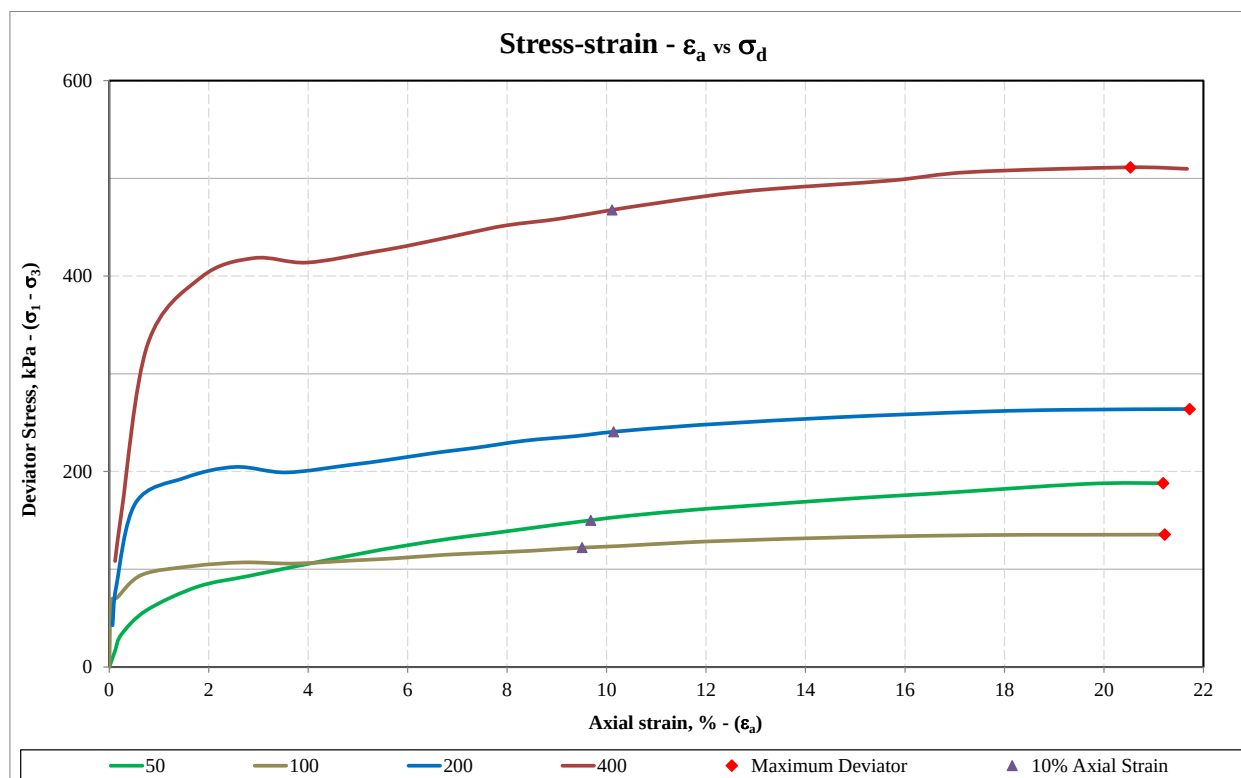


Figura 5.9—Gráfico tensão x deformação do ensaio realizado em condição não drenada da berma da barragem (Amostra EC_12809-AI).

Analisando as figuras Figura 5.7 (colúvio laterítico) e Figura 5.8 (Crista da barragem), tem comportamentos similares, ou seja, após atingir o pico, a deformação de ambas as amostras praticamente mantem-se constante. Já a Figura 5.9 (berma da barragem), não tem um pico bem definido, a amostra continua deformando com o aumento da tensão desviador. Esse comportamento pode ser verificado também nas fotos retirados após os ensaios na Figura 5.10, Figura 5.11 e Figura 5.12.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 33/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

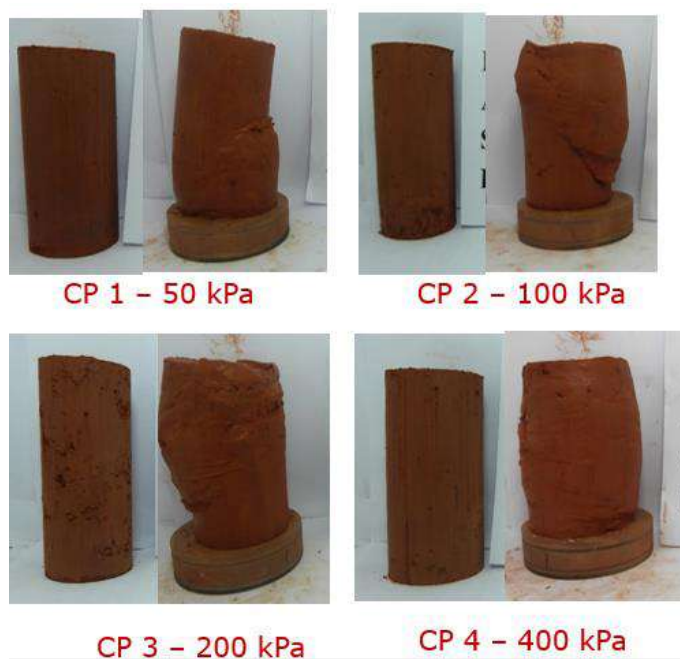


Figura 5.10—Antes e após os ensaios triaxiais CIU realizado no colúvio laterítico (Amostra EC_12805-AI).

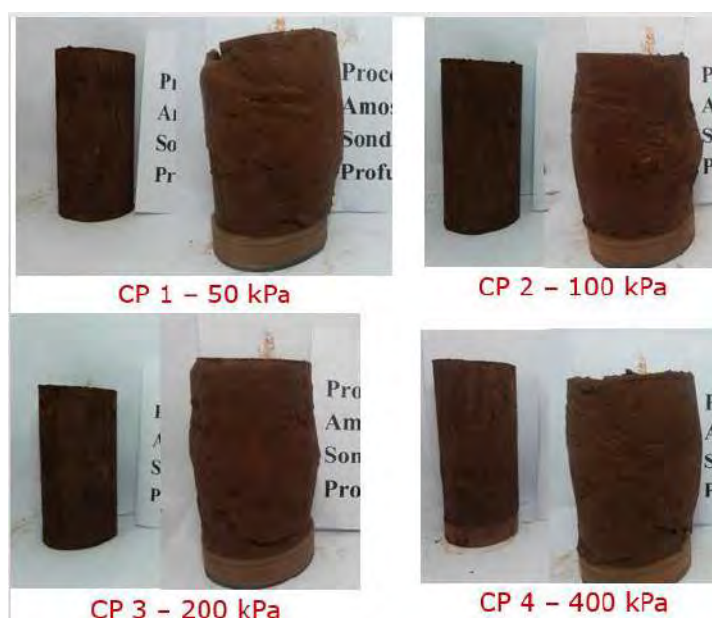


Figura 5.11—Antes e após os ensaios triaxiais CIU realizado na crista da barragem (Amostra EC_12809-AI).

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 34/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

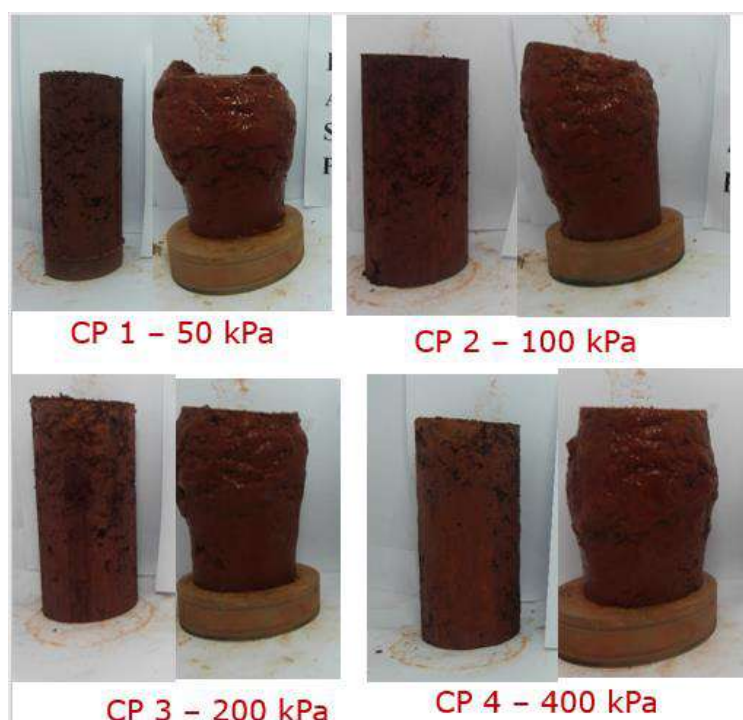


Figura 5.12–Antes e após os ensaios triaxiais CIU realizado no berma da barragem (Amostra EC_12809-AI).

As fotos da Figura 5.10 (colúvio laterítico) e Figura 5.11 (Crista da barragem) mostram a ruptura bem definida, diferente da Figura 5.12 (berma da barragem) que sofre um “embarrigamento”. Além disso, ao analisar a amostra retirada da berma da barragem (Figura 5.12), é possível verificar que ela está muito porosa, o que pode ter prejudicado os resultados dos ensaios.

Foi verificado também que alguns corpos de prova dos ensaios realizados no maciço da berma apresentaram grau de saturação da amostra inferior a 90%. Segundo vários autores o grau de saturação da amostra deve ser igual ou superior a 95% para garantir a expulsão das bolhas de ar existentes no CP. Caso não seja feita uma boa saturação,

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 35/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

as bolhas de ar oclusas dentro do corpo de prova, irá influenciar na deformação do corpo de prova durante o ensaio na fase de cisalhamento.

Envoltórias e Parâmetros de Resistência:

Para determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento (c' e ϕ') do material do maciço da barragem e do colúvio laterítico, foi traçada a envoltória de resistência ao cisalhamento no plano p' x q , onde $p' = (\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ e $q = (\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, conforme as figuras a seguir (Figura 5.13, Figura 5.14 e Figura 5.15).

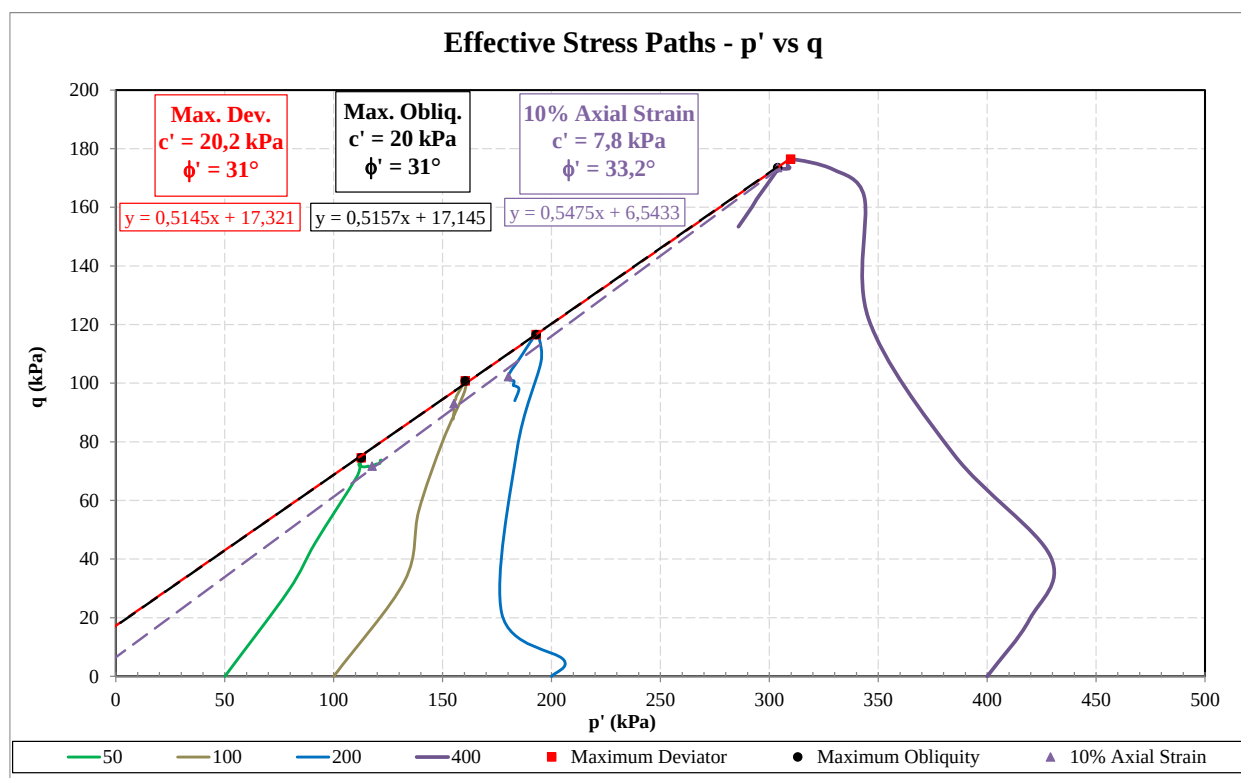


Figura 5.13–Trajetória de tensões efetivas q vs p' (Amostra EC_12805-AI) – Colúvio Laterítico

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 36/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

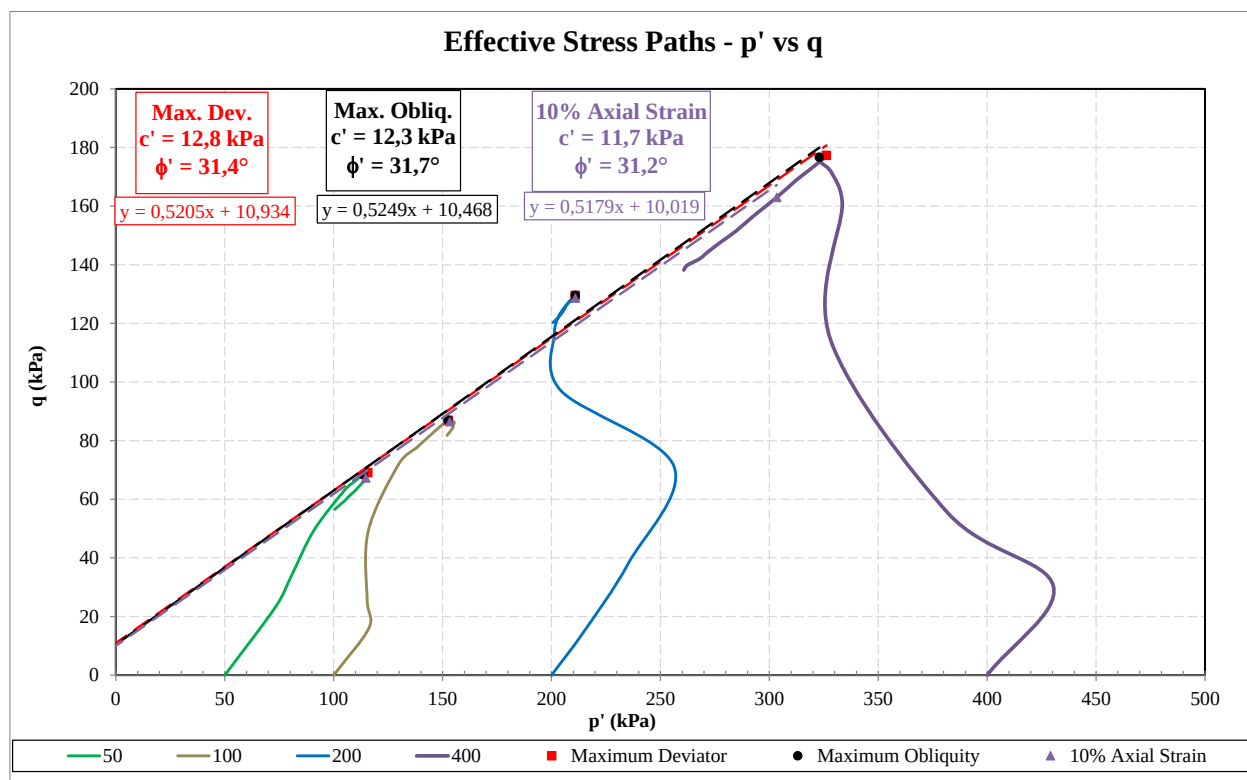


Figura 5.14—Trajetória de tensões efetivas q vs p' (Amostra EC_12807-AI) – Crista da Barragem

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 37/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

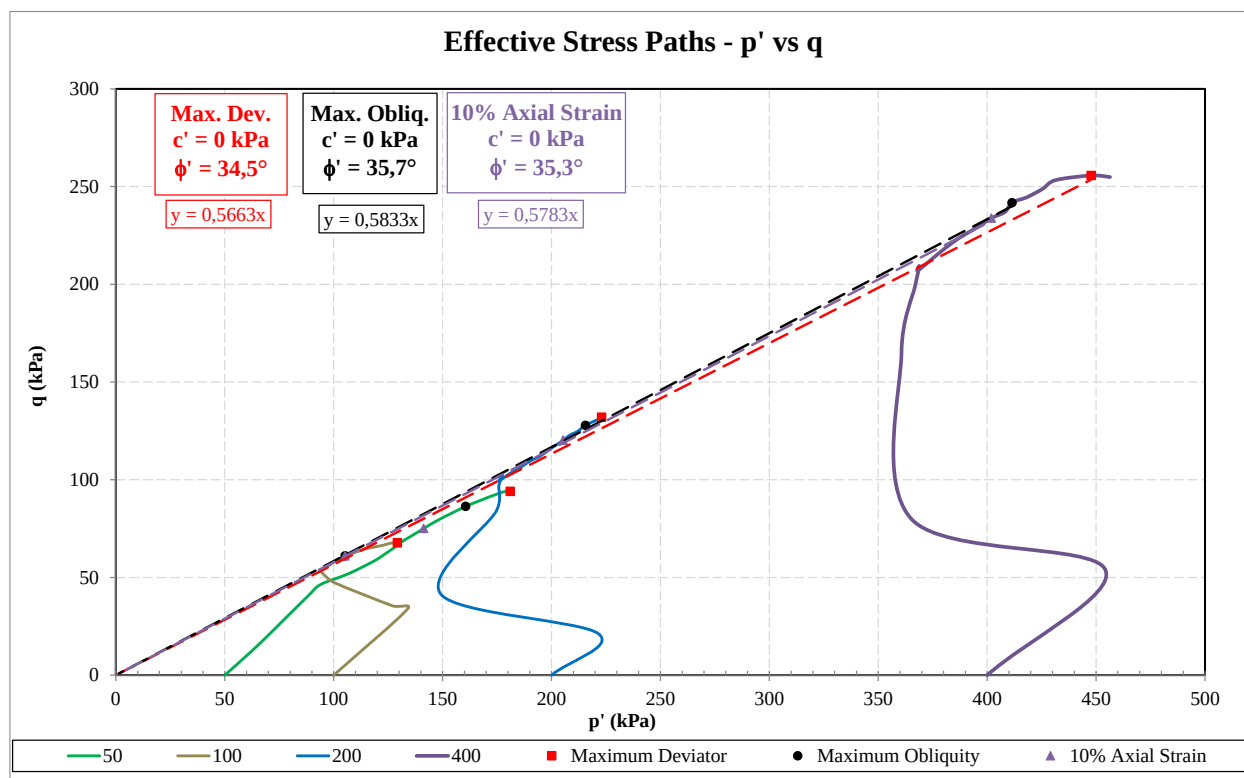


Figura 5.15–Trajetória de tensões efetivas q vs p' (Amostra EC_12807-AI) – Berma da Barragem

Como as amostras EC_12807-AI e EC_12809-AI foram retiradas do maciço da barragem, na Figura 5.16 é apresentado as envoltórias de ruptura unificadas para 10% axial Strain, desconsiderando apenas um ponto, referente a tensão de 400 kPa da amostra 12809 (berma da barragem). Para chegar a essa envoltória de ruptura unificada foi feito uma análise de sensibilidade com os dois ensaios triaxiais realizados na berma e na crista da barragem.

Cabe Ressaltar, a divergência dos resultados obtidos das amostras coletas no maciço, deve-se ao fato, de que na região da crista da barragem (relatório DOM-BM1-PDP-01: Diagnóstico de performance e “As Is” das estruturas, DOMUS 2012), houve uma reconformação da berma, com o lançamento de material argiloso, e entende-se que o

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 38/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

bloco coletado (MNZ1-BL02) não é representativo do material do maciço. Já a amostra (MNZ1-BL03), coletada na berma do maciço é mais representativo para caracterizar o material do aterro da barragem.

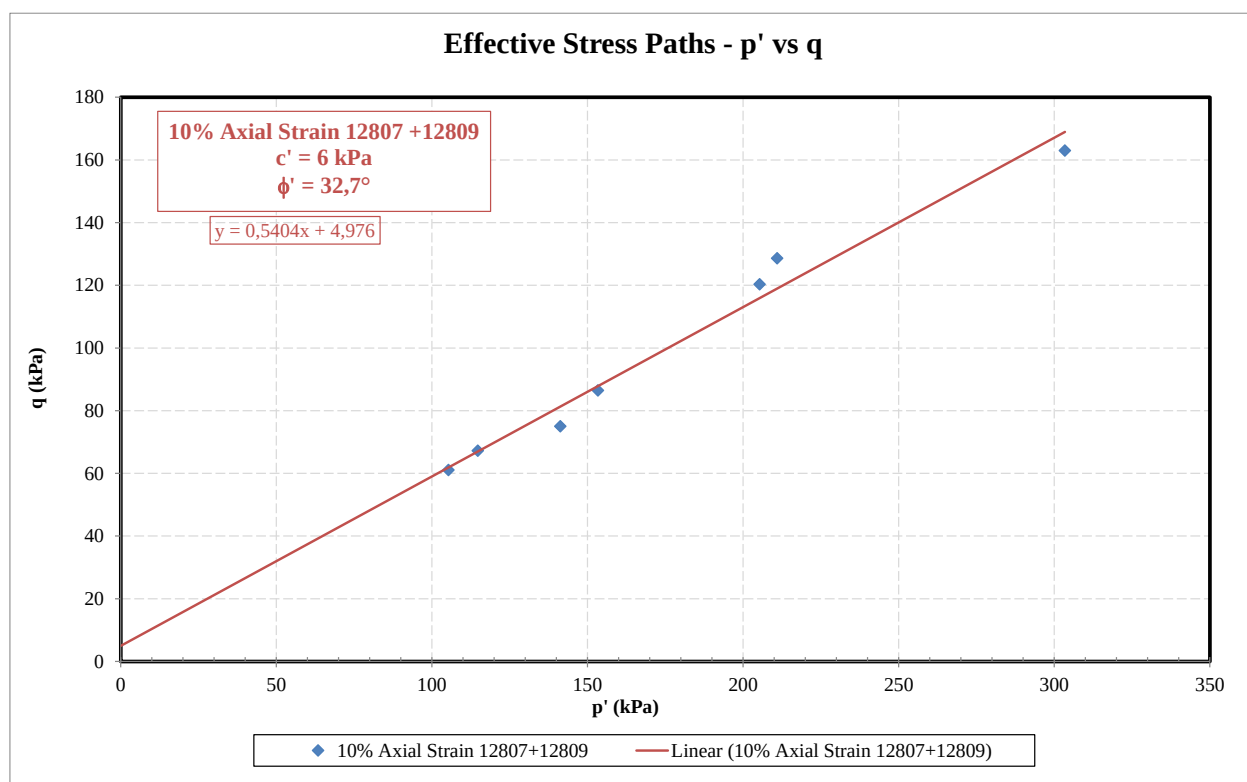


Figura 5.16—Correlação considerando as amostras retiradas do maciço da barragem Menezes I para 10% axial Strain

Após análise dos ensaios triaxiais recebidos, a

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 39/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Tabela 5.8 mostra os parâmetros do colúvio laterítico e do maciço da barragem a serem adotados nas análises de estabilidade da barragem Menezes I, para o projeto de estudo de alternativas para descaracterização da estrutura:

Tabela 5.8 – Parâmetros a serem adotados (interpretação BVP)

Litotipo	Tensão	c' (kPa)	ϕ' (°)
Colúvio Laterítico	Efetiva	20	31
Aterro compactado	Efetiva	6	33

5.3.4. Interpretação do parâmetro não-drenado do solo residual de fundação a partir do SPT recebido da DOMUS (2012)

Atualmente, a maioria dos solos residuais oriundos de materiais argilosos apresentam um comportamento não-drenado quando carregado, sendo susceptível a liquefação em certos casos. Por conta disto, como não se dispõem de dados disponíveis sobre o parâmetro não drenado deste material, fez-se uma estimativa a partir do N_{SPT} .

O documento BMI-AI-EG-04_Rev_0 emitido pela empresa DOMUS 2012, indica que no pé da Barragem Menezes I existe um material caracterizado como solo residual com N_{SPT} variando de 8 a 19 golpes. A Figura 5.17 mostra em detalhes as sondagens realizadas pela empresa DOMUS em 2012.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 40/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

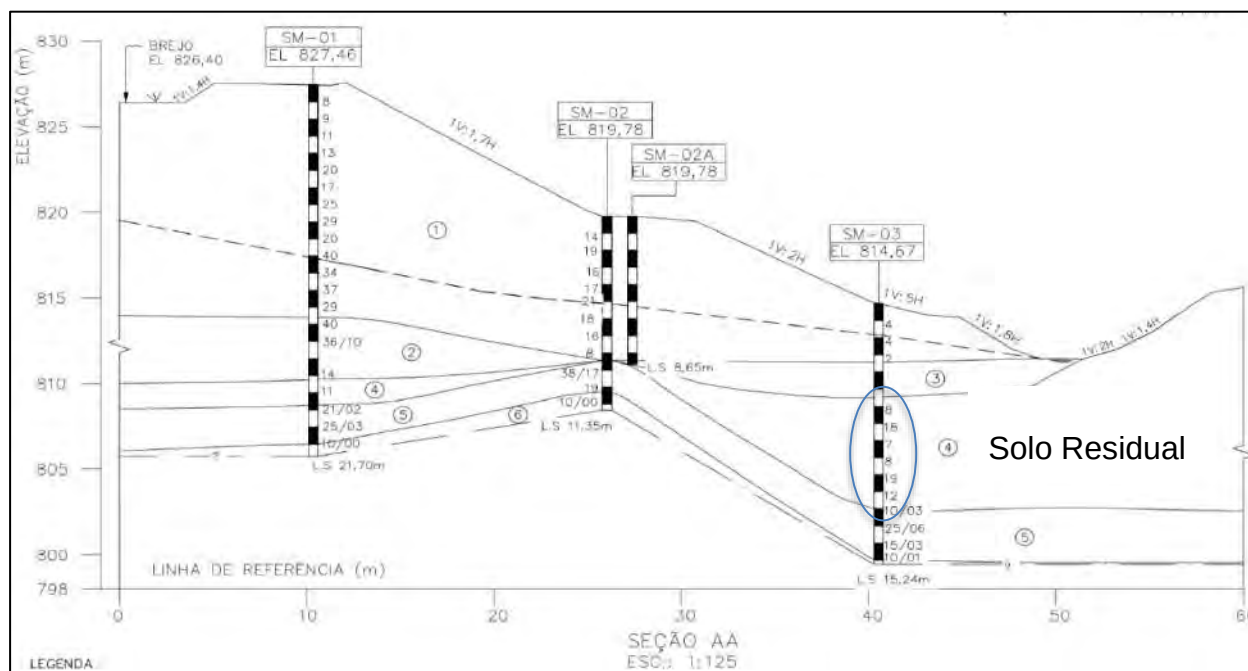


Figura 5.17– Sondagem realizada na Barragem Menezes I em 2012 (BMI-AI-EG-04_Rev_0)

Para estimar o Su/σ_v a partir do N_{SPT} , foi utilizado o artigo de Olson & Stark (2003), onde eles fazem uma correlação tanto com o número de golpes do ensaio SPT quanto com os ensaios de CPTu para determinar o parâmetro não drenado. A formula apresentada no artigo é:

$$\frac{Su(yield)}{\sigma'_{v0}} = 0,205 + 0,0075[(N_1)_{60}] \mp 0,04$$

$(N_1)_{60}$ é o número de golpes do N_{SPT} com eficiência de 60%, que será calculado pela formula apresentado por Schnaid & Odebrecht (2017):

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} \times \frac{0,72}{0,60} = 14,4$$

Foi considerado a eficiência média do SPT Brasileiro de 72% (Décourt et al, 1989). A partir do desenho BMI-AI-EG-04_Rev_0, o N_{SPT} médio da camada de solo residual é:

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 41/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

$$N_{SPT} = \frac{8 + 18 + 7 + 8 + 19 + 12}{6} = 12$$

Desse modo, o valor médio calculado obtido foi de $S_u/\sigma_v = 0,31$. Como é apenas uma estimativa, será adotado este valor médio, embora Olson & Stark (2003) consideram em sua formula, um limite superior e inferior ($\pm 0,04$) podendo variar entre 0,27 e 0,35.

Cabe ressaltar, que para as próximas etapas do projeto de descaracterização da estrutura, investigações deverão ser executadas neste material de forma a entendermos o seu real comportamento. Visto que no projeto de “As Is”, esta informação não foi contemplada.

A referência Brasileira para estudos sísmicos é a indicada pela Eletrobrás, que utiliza a metodologia pseudo-estática para a avaliação da condição da barragem frente a sismos naturais ou induzidos. Nas análises de estabilidade pseudo-estáticas, adicionam-se forças instabilizadoras, geradas por excitação sísmica, através de componentes horizontal e vertical. Segundo as recomendações da Eletrobrás, os carregamentos inerciais inseridos foram iguais a 0,05g na direção horizontal e 0,03 na direção vertical, onde g é o valor da aceleração da gravidade.

5.3.5. Consideração e Comentários dos documentos recebidos

Na documentação analisada não foram enviados os dados brutos dos ensaios realizados pela Domus (2012) na Barragem Menezes I.

As seções de estabilidade apresentadas nos relatórios supracitados mostraram incertezas com relação aos materiais da fundação e os parâmetros adotados tanto no maciço quanto na fundação. Porém, com os novos dados de laboratório recebido do “As Is” da Tetra Tech, a BVP reinterpreto os parâmetros do maciço da barragem e do colúvio laterítico.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 42/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Como não temos dados disponíveis de parâmetros não-drenados do solo residual, a BVP considerou $Su/\sigma_v = 0,31$, baseado na correlação com o furo de sondagem da campanha da DOMUS 2012. Desta forma, recomenda-se que seja feita ensaios de laboratório deste material na próxima fase do projeto (ensaio triaxial CIU e DSS).

Por se tratar de uma descaracterização de Barragem, as informações com os parâmetros disponibilizadas atualmente próximo as ombreiras não são suficientes para a fase seguinte (projeto básico). Após a escolha da alternativa pela VALE, deverá ser executado a campanha de investigação conforme apresentada pela BVP nos documentos 1850JJ-X-31266 e ET-1850JJ-X-00021, de modo a entender melhor alguns litotipos, para que seja possível executar o projeto básico da descaracterização da estrutura.

5.4. ASPECTOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

De acordo com o documento DOM-BM1-RDP-01, Avaliação de Segurança e Concepção da Adequação de Estruturas Existentes, elaborado pela Domus em 2012, o sistema extravasor da Barragem Menezes I está implantado lateralmente em sua ombreira direita. O sistema extravasor é composto por dois subtrechos: o emboque e o canal rápido. O subtrecho correspondente ao emboque tem 4,59 m de extensão e fundo em nível na El. 825,25 m. Apresenta seção trapezoidal com largura de 3,72 m e inclinação das paredes de 0,5H:1,0V e 0,6H:1,0V, e altura mínima de 1,03 m. Este trecho apresenta revestimento parcial em concreto. Já o subtrecho de canal rápido, com 53,23 m de extensão, possui segmentos com inclinações de fundo variadas, com cota final na El. 815,05 m e seções transversais também trapezoidais com dimensões variadas. A base do canal varia entre 2,46 m a 2,93 m, as alturas entre 0,43 m e 1,58 m e as inclinações dos taludes são variáveis.

O reservatório possui:

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 43/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

- Área da bacia de contribuição: 0,904Km².
- Área do reservatório (espelho d'água): 0,004Km².
- Volume do reservatório: 8,068 x 10³ m³ (no N.A.máximo).
- Elevação do nível d'água normal: 825,25m.
- Elevação do nível d'água máximo: 827,35m.

6. CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO

Neste item serão apresentados os critérios e premissas gerais que subsidiarão a elaboração do projeto.

- A BVP apresentará 3 estudos de alternativas para a descaracterização da estrutura como barragem;
- Espera-se que a descaracterização ocorra após a conclusão das obras emergenciais da PDE Menezes III e aporte minimizado em Menezes I;
- Estudo de Chuvas Intensas nas áreas de abrangência da VALE, elaborado pela POTAMOS (2020);
- Vazão de projeto sistema de descarga: 1.000 de período de retorno e verificação para TR 10.000 anos/PMP;
- Vazão de projeto sistema de drenagem principal (canais periféricos): 500 anos de período de retorno e verificação para TR 1.000 anos;
- Vazão de projeto sistema de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais: 500 anos de período de retorno e verificado para TR 1.000 anos.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 44/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

7. METODOLOGIAS

A seguir são apresentadas as metodologias que, possivelmente, serão utilizadas para o desenvolvimento do Projeto de descaracterização da Barragem Menezes I.

7.1METODOLOGIAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

A caracterização geológico-geotécnica da fundação e entorno da Barragem Menezes I será apresentada na forma de seções e mapa para dar suporte às análises de estabilidade do projeto de reforço da estrutura.

Ressalta-se que também serão utilizados os dados disponibilizados referentes aos relatórios disponíveis da estrutura, bem como quaisquer dados de investigações que foram disponibilizados para auxiliar na interpretação dos cenários geológico-geotécnico da área.

A interpretação hidrotécnica das seções deverá ser feita a partir dos dados de monitoramento de N.A, a serem fornecidos pela VALE e extrapolações que se fizeram necessárias, devidamente validadas com a equipe responsável pelo projeto.

As Tabela 7.1,Tabela 7.2, Tabela 7.3 e Tabela 7.4 a seguir apresentam os parâmetros a serem adotados nas classificações geomecânicas de campo e para descrição das sondagens.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 45/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Tabela 7.1 - Índice de Grau de Alteração (intemperismo) das rochas (Adaptado por BVP de Brown, 1981 – ISRM).

GRAU	ALTERAÇÃO	DESCRIÇÃO
6(*)	Solo residual maduro	Todo o material está alterado para solo.
5	Solo residual jovem Rocha extremamente alterada ou Saprolito	Alteração mineralógica muito acentuada. Cores bastantes modificadas. Possível presença de núcleos rochosos menos alterados
4	Alterada	Descolorização generalizada, mas ainda com características da rocha.
3	Medianamente Alterada	A matriz apresenta-se descolorida com evidencias de oxidação, caulinição, etc...
2	Levemente Alterada	Alteração mineralógica perceptível. Cores esmaecidas. Perda de brilho dos minerais.
1	Rocha Sã	Alteração mineralógica nula a incipiente. Minerais preservam características originais e brilho.

(*) Para solos transportados (colúvio e alúvio), apesar de não se poder falar em termos de alteração, considerar A6.

Tabela 7.2 - Índice de Consistência/Compacidade de Solos (Adaptado por BVP Engenharia de Brown, 1981 – ISRM).

SOLOS ARGILOSOS				
Classificação		Rc (MPa)	Caracterização	SPT
S6	Dura	>0,5	Indentada pelo polegar com dificuldade.	>30
S5	Muito rija	0,25 a 0,5	Facilmente indentada pelo polegar.	>19
S4	Rija	0,1 a 0,25	Facilmente indentada pelo polegar, mas penetrada só com grande esforço	11 a 19
S3	Média	0,05 a 0,1	Penetrável com dificuldade vários centímetros pelo polegar	6 a 10
S2	Mole	0,025 a 0,05	Facilmente penetrável vários centímetros pelo polegar	3 a 5
S1	Muito mole	<0,025	Facilmente penetrável vários centímetros pelo punho	<2

SOLOS ARENOSOS		
Classificação		SPT
S5	Muito compacto	>40
S4	Compacto	19 a 40
S3	Medianamente compacto	9 a 18
S2	Fofo	5 a 8
S1	Muito fofo	<4

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 46/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Tabela 7.3 - Tabela de classificação do grau fraturamento das rochas.

CATEGORIA	Espaçamento médio das Fraturas (cm)	Nº de Fraturas por metro	DESCRIÇÃO
1	> 200	<0,5	Maciço
2	200-60	0,5-2	Pouco Fraturado
3	60-20	2-5	Medianamente Fraturado
4	20-6	5-17	Muito Fraturado
5	<6	<17	Extremamente Fraturado

Tabela 7.4 - Tabela de Classificação de Resistência de Campo por ISRM, adaptada por BVP, 2010.

ISRM (ADAPTADO POR BVP)									
ÍNDICE DE RESISTÊNCIA ²	Descrição	Rc (MPa)	LS. (MPa)	AVALIAÇÃO DE CAMPO					
				martelo	risco canivete ¹	queda canivete	raspagem canivete ¹	risco unha	pressão manual
R6	Extremamente resistente	>250	>10	lascada	-	-	-	-	-
R5	Muito resistente	100-250	4-10	quebra com dificuldade com vários golpes	-	-	-	-	-
R4	Resistente	50-100	2-4	quebra com vários golpes	risco superficial	-	-	-	-
R3	Medianamente resistente	25-50	1-2	quebra com dificuldade com um golpe	-	ponto pequena	com muita dificuldade	-	-
R2	R2 ⁺ Pouco Resistente	10-25	-	quebra com um golpe	risco	-	com dificuldade	-	-
	R2 ⁻ Branda	5-10		-	-	ponto grande	produz pó	risco superficial	-
R1	R1 ⁺ Muito branda superior	3-5	-	fragmenta com um golpe	risco fundo	-	com facilidade produz muito pó	risco	quebra pontualmente
	R1 ⁻ Muito branda inferior	1-3		desagrega	corta (separa)	penetra	descasca entalha	penetra	quebra as bordas
R0	Extremamente branda	0.25-1	-	-	-	penetra	-	corta	desagrega

Notas:
¹A utilização da resposta à utilização do martelo de geólogo para amostras muito ricas em minerais de hábito lamelar é mais significativa que os testes com canivete.
² Referências típicas: R0 - R1⁺ (saprolitos); R1⁻ (tijolo); R2⁺ (solo-cimento); R2⁻ (concreto comum); R3 (concreto especial)

Resposta ao Método	
Alta	
Média	
Baixa	



A BVP ressalta que de longa data desenvolveu um procedimento mais preciso para a avaliação expedita da consistência das rochas, baseado no procedimento original da ISRM com maior detalhamento na classificação de rochas brandas. Nesse sentido será adotada a planilha de classificação desenvolvida pela BVP e apresentada em Martin &

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 47/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Stacey (2018). Nesta proposição, os intervalos de R1 e R2 são subdivididos nos limites inferiores e superiores, como mostrado na Tabela 7.4.

7.1.1 Análises de estabilidade

As seções transversais críticas de análise da Barragem Menezes I serão verificadas para quatro condições de carregamento:

- Condição normal;
- Condição não drenada; e
- Condição pseudo-estática (análise sísmica + condição drenada).

Para as seções longitudinais críticas de análise dos taludes das ombreiras direita e esquerda da Barragem Menezes I será verificada a condição normal. Na Tabela 7-7 são apresentados um resumo dos critérios de avaliação a serem utilizados nas análises de estabilidade, bem como os fatores de segurança mínimos exigidos.

Tabela 7-7 – Fatores de segurança mínimos

Critério de análise	FS	Condição	Referência	Talude
Condição Normal	1,5	Resistência efetiva	NBR 13028	Jusante
Condição Normal	1,5	Resistência efetiva	NBR 13028	Ombreira direita e esquerda
Condição não drenada ⁽¹⁾	1,3	Resistência não drenada	NBR 13028 FEAM 2020	Jusante
Pseudo-estática (solicitação sísmica) ⁽²⁾	1,1	Resistência efetiva e drenada	NBR 13028	Jusante

(1) Parâmetro de resistência não drenada para o solo residual ($S_u = 0,31$), conforme apresentado no item 5.3.4

(2) Acelerações sísmicas sugeridas pelo Manual Eletrobrás (2003) KV.g= 0,03g e KH.g = 0,05g ;

Os projetos de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água devem atender a condições estabelecidas na Norma Brasileira de

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 48/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Barragens 13.028, no que tange carregamento estático, análise drenada e não-drenada, nível de água normal e nível de água mais desfavorável também designado de crítico e pseudo-estático (abalos sísmicos). Embora a Barragem Menezes I seja um projeto de descaracterização de barragem, foram analisados alguns cenários estabelecidos pela NBR 13.028 no que tange os seguintes critérios de análise: Condição Normal, Condição não drenada e condição Pseudo-estática (solicitação sísmica).

Segundo o termo de referência para elaboração do relatório técnico de auditoria de segurança de barragens emitido no ano de 2020 (FEAM, 2020), os modos de falha devem ter a avaliação geotécnica quanto a estabilidade física: “(i) *sob condições drenadas, contra escorregamentos ou instabilização dos taludes em condição estática e dinâmica; e (ii) sob condições não-drenadas, contra liquefação (na hipótese de suscetibilidade), escorregamentos ou instabilização dos taludes em condição estática e dinâmica*”. Por isso, será apresentado a análise Pseudo-estática (solicitação sísmica) considerando apenas o comportamento drenado de todos os materiais.

Metodologia

Os estudos de estabilidade dos taludes serão desenvolvidos com o auxílio do software Slide 2018, versão 9.00, que se baseia na teoria do equilíbrio limite para calcular o fator de segurança. A formulação matemática do software para esses estudos possibilita uma análise simples e/ou complexa dos problemas envolvendo estabilidade, no qual utiliza vários métodos teóricos para o cálculo do fator de segurança, além de permitir que sejam consideradas nas análises propriedades heterogêneas, diferentes estratigrafias e diferentes tipos de ruptura (planar, circular e plano-circular), e de incorporar nas análises o comportamento das pressões neutras atuantes no maciço.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 49/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

As análises serão executadas considerando as fases apresentadas na Tabela 7-7 por meio do método GLE/Morgenstern-Price, o qual leva em consideração as forças entre fatias. Foram consideradas superfícies não circulares de ruptura e o critério de resistência utilizado nas análises foi o critério de ruptura de Mohr-Coulomb.

4.2.3.3 Parâmetros Geotécnicos

Como referido anteriormente, os parâmetros utilizados nas análises são os do critério de ruptura de Mohr-Coulomb (coesão efetiva, c' , e ângulo de atrito efetivo, ϕ') para os materiais com comportamento drenado e o critério de ruptura Vertical Stress Ratio (τ / σ'_v) para os materiais não drenados (solo residual).

Os parâmetros geotécnicos da fundação foram retirados do relatório DOM-BM1-RDP-01 emitido pela empresa DOMUS em 2012. Porém, o relatório não informa como foram definidos tais parâmetros. Considerando a fase atual dos estudos (Estudo de alternativas), esses parâmetros podem ser utilizados, mas é recomendado que, para continuidade dos estudos, seja realizado algumas investigações geotécnicas, principalmente na região próxima aos taludes das ombreiras direita e esquerda.

A Tabela 7-8 apresenta os parâmetros geotécnicos de resistência ao cisalhamento adotados para todos os materiais envolvidos nas análises de estabilidade.

Tabela 7-8 – Parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade

Material	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Su	Referência
Aterro compactado	29	6	33	-	(1)
Dreno de pé	26	0	42	-	(2)
Colúvio Laterítico	19	20	31	-	(1)
Solo residual (Parâmetros efetivos)	20	0	33	-	(2)
Solo residual (Não-drenado)	20	-	-	0,31	(3)

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 50/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

Saprolito	22	0	43	-	(2)
Gnaiss	22	40	45	-	(2)
Enrocamento (Blocos de Gnaiss)	25	0	40	-	(4)

Referências:

- (1) Ensaios de laboratório recebidos do “As Is” de 2020 da Tetra Tech, documentos .xls: EC_12805-AI – Cópia; EC_12807-AI – Cópia; e EC_12809-AI – Cópia.
- (2) Relatório técnico DOM-BM1-RDP-01 – Volume 02: Diagnostico de Performance e “As Is” das estruturas elaborado pela empresa Domus em 2012.
- (3) Estimativa a partir do ensaio SPT executado em 2012 (BMI-AI-EG-04_Rev_0), usando a metodologia apresentada por Olson & Stark (2003).
- (4) Baseado na experiência técnica da BVP.

Sendo:

γ – Peso específico;

c' – Coesão efetiva;

ϕ' – Ângulo de atrito interno efetivo; e

S_u – Resistência Não drenada.

7.2. METODOLOGIAS HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS

Os estudos hidrológico-hidráulicos do projeto de descaracterização da Barragem de Menezes I, tem por objetivo subsidiar os estudos de um dispositivo para desvio de sedimentos ou eliminação/redução do aporte de sedimentos a jusante da barragem.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 51/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

7.2.1. Sedimentologia

Para a elaboração dos estudos sedimentológicos foram considerados os seguintes critérios:

- Caracterização geomorfológica da bacia;
- A produção específica de sedimentos da bacia hidrográfica ou da área que drena para a bacia de retenção, dada em ton/km².ano, m³/km².ano ou m³/ha.ano;
- Para garantir a eficiência de retenção dos sedimentos, considerou-se a periodicidade de limpeza do reservatório que mantivesse a operação do mesmo;

7.2.2. Estudo de Chuvas Intensas

Para a definição dos eventos pluviais críticos e de projeto, no dimensionamento das obras hidráulicas/drenagem superficial, adotou-se o Estudo de Chuvas Intensas nas áreas de abrangência da VALE, elaborado pela POTAMOS (2020).

Tabela 7.5 - Quantis de precipitação (mm) –Mina Feijão (VALE).

PT,d,i (mm)											
Duração d	Tempo de retorno T (anos)										
	2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000	10000
6 min											
10 min	17,43	22,04	25,03	27,87	28,77	31,51	32,38	34,89	38,15	40,56	48,48
15 min	22,73	28,67	32,50	36,11	37,27	40,73	42,71	45,94	50,11	53,16	63,16
20 min	26,48	33,37	37,80	41,96	43,29	47,27	50,04	53,78	58,59	62,10	73,57
30 min	31,78	40,00	45,26	50,21	51,79	56,50	60,37	64,83	70,55	74,70	88,25
1 h	40,83	51,33	58,03	64,31	66,31	72,26	78,03	83,73	91,00	96,25	113,34
2 h	52,88	66,79	75,80	84,32	87,04	95,23	103,25	111,19	121,49	129,08	154,02
3 h	59,93	75,83	86,19	96,03	99,16	108,66	118,00	127,26	139,33	148,29	177,82
4 h	64,94	82,25	93,57	104,34	107,76	118,19	128,46	138,66	151,98	161,92	194,70
6 h	71,99	91,29	103,96	116,05	119,89	131,62	143,21	154,73	169,82	181,12	218,49
8 h	76,99	97,70	111,33	124,36	128,49	141,15	153,67	166,13	182,48	194,75	235,38
10 h	80,87	102,68	117,05	130,80	135,16	148,54	161,79	174,97	192,29	205,32	248,47

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 52/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

12 h	84,04	106,75	121,73	136,06	140,62	154,58	168,42	182,19	200,31	213,96	259,17
18 h	91,09	115,79	132,12	147,77	152,74	168,02	183,17	198,26	218,15	233,16	282,97
24 h	96,09	122,21	139,50	156,08	161,34	177,55	193,63	209,66	230,81	246,79	299,85
2 d	122,80	157,39	180,29	202,26	209,23	230,69	252,00	273,23	301,24	322,41	392,70
3 d	150,10	191,90	219,57	246,11	254,53	280,47	306,22	331,87	365,71	391,29	476,21
5 d	193,20	246,82	282,32	316,37	327,18	360,45	393,48	426,39	469,81	502,63	611,58
7 d	228,20	291,08	332,71	372,65	385,31	424,34	463,07	501,67	552,58	591,07	718,83
10 d	272,41	346,00	394,72	441,45	456,28	501,94	547,27	592,44	652,03	697,06	846,58
15 d	332,66	423,30	483,31	540,88	559,14	615,39	671,23	726,86	800,26	855,73	1039,90
20 d	383,69	486,79	555,04	620,52	641,29	705,27	768,77	832,05	915,53	978,62	1188,10
30 d	469,51	591,35	672,02	749,40	773,95	849,56	924,62	999,40	1098,06	1172,63	1420,20

7.2.3. Critério da Cheia de Projeto

O dimensionamento dos dispositivos hidráulicos atenderá as diretrizes estabelecidas por normatizações vigentes que visam o aumento da segurança e confiabilidade deste estudo.

- Vazão de projeto sistema de descarga: 1.000 anos de período de retorno;
- Vazão de projeto sistema de drenagem principal (canais periféricos): 1.000 anos de período de retorno;
- Vazão de projeto sistema de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais: 1.000 anos de período de retorno.

7.2.4. Metodologia de Cálculo

As metodologias de cálculo a serem utilizadas no dimensionamento dos dispositivos são:

- Dimensionamento hidrológico utilizando método SCS, transformação de chuva em escoamento superficial: aplicado para bacias que apresentem muitas intervenções (pilhas e estradas de acesso) e áreas impermeáveis (estradas pavimentadas, etc);
- Modelagem hidrológica HEC-HMS;

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 53/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

- Dimensionamento do dispositivo e cálculo da vazão admissível: equação de Manning;
- Modelagem unidimensional e/ou bidimensional HEC-HAS;

8. LISTA DE PENDÊNCIAS

Após avaliação dos documentos disponibilizados pela VALE ao longo do projeto conceitual de estudo de alternativas para descaracterização da Barragem Menezes I, foram disponibilizados dados suficientes para esta etapa do projeto.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações disponibilizadas pelo cliente, constituem uma base para a elaboração do estudo de viabilidade, em nível conceitual. Para o estudo atual, estudo de alternativas em nível conceitual, os dados fornecidos atendem o projeto. Porém, para estudos futuros, após a escolha da alternativa da descaracterização da Barragem Menezes I, mas dados podem ser solicitados pela BVP Engenharia.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO TECNICO - AVALIACAO CRITICAS DOS DADOS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31170	PÁGINA 54/55
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0004	REV. 2

APÊNDICES

APÊNDICE I – LISTAGEM DE DOCUMENTOS RECEBIDOS

 Microsoft Word 97 - 2003 Document	Arquivo: APENDICE.doc Formato: word (11 página) Fonte: BVP Engenharia
---	--



Anexo IV - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31171

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 1/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

[illegible]

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 2/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	INTRODUÇÃO	5
2.	LOCALIZAÇÃO	5
3.	CARACTERISTICAS GERAIS DA BARRAGEM ATUAL	8
4.	ESTUDO DE ALTERNATIVAS	9
4.1.	GERAL	9
4.2.	DADOS BÁSICOS CONSIDERADOS	9
4.2.1.	Topografia	9
4.2.2	Geologia	12
4.2.2.1.	<i>Aspectos Geológicos Regionais</i>	13
4.2.2.2.	<i>Sismicidade Regional</i>	14
4.2.2.3.	<i>Contexto Geológico-Geotécnico Local</i>	18
4.2.2.3.1.	<i>Investigações Existentes</i>	18
4.2.2.3.	<i>Condições Geológico-Geotécnicas da Fundação da Barragem</i>	22
4.2.3	Geotecnia	31
4.2.3.1	<i>Critérios de projeto utilizados nas análises</i>	31
4.2.3.2	<i>Metodologia</i>	32
4.2.3.3	<i>Parâmetros Geotécnicos</i>	33
4.2.4	Hidrologia	35
4.2.4.1	<i>Estudo de Chuvas</i>	35

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 3/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.2.4.2 Caracterização da Bacia	37
4.2.4.3 Resultados das simulações	40
4.2.4.4 Curva Cota x Área x Volume	40
4.2.4.5 Estudos Hidrossedimentológicos	41
a) Metodologia de cálculo de Volume Morto	42
b) Resultados	44
4.2.4.6 Critérios de Projeto Hidráulico	45
4.2.5 Aspectos Ambientais	45
4.3. DETALHAMENTO DAS ALTERNATIVAS	46
4.3.2 Alternativa 1	46
4.3.2.1 Estudos Geotécnicos	46
4.3.2.1.1 Seção de Análise	46
4.3.2.1.2 Resultados das Análises	48
4.3.2.2 Estudos Hidráulicos	50
4.3.2.3 Quantitativos da Alternativa	51
4.3.3 Alternativa 2	52
4.3.3.1 Estudos geotécnico	52
4.3.3.1.1 Seção de Análise	52
4.3.3.1.2 Resultados das Análises	55
4.3.3.2 Estudos Hidráulicos	58
4.3.3.3 Quantitativos da Alternativa	59
4.3.4 Alternativa 3	60
4.3.4.1 Estudos geotécnicos	60
4.3.4.1.1 Seção de Análise	60
4.3.4.1.2 Resultados das Análises	62

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 4/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.3.4.2	<i>Estudos Hidráulicos</i>	66
4.3.4.3	<i>Quantitativos da Alternativa</i>	68
4.4	PLANO DE INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS COMPLEMENTARES	69
5	MATRIZ DE VANTAGENS E DESVANTAGENS	1
6	ANÁLISE DE RISCO	1
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	2

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 5/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

1. INTRODUÇÃO

Por meio da proposta técnica PP-BVP-114.77-18-03 D, a BVP Engenharia foi contratada pela VALE para a prestação de serviços especializados de Engenharia contemplando o desenvolvimento do “Estudo de Alternativas, Projeto Conceitual e Básico para descaracterização da barragem Menezes I”.

O presente relatório tem por objetivo apresentar um estudo com três alternativas de arranjo para descaracterização da Barragem Menezes I, cuja finalidade é a contenção dos sedimentos provenientes das áreas de depósito estéreis e área de lavras.

Partindo-se de dados disponibilizados pela VALE, visita de campo e critérios e premissas preconizados no documento RL-1850JJ-X-31170, será apresentado o estudo de alternativas conforme as normatizações vigentes que visam o aumento da segurança e confiabilidade deste estudo.

2. LOCALIZAÇÃO

A aproximadamente 48 km de Belo Horizonte, o acesso à Barragem Menezes I pode ser realizado pela BR-381, sentido São Paulo, até o trevo próximo ao quilômetro 484. Neste trevo, utiliza-se um acesso que leva até a MG-040, por onde se seguirá até a cidade de Brumadinho. Após passar pela cidade, segue-se por cerca de 6 km pela Estrada para Alberto Flôres até uma rotatória, onde deverá entrar em uma estrada vicinal à esquerda, prosseguindo por um acesso interno da mina, que leva até a barragem.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 6/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

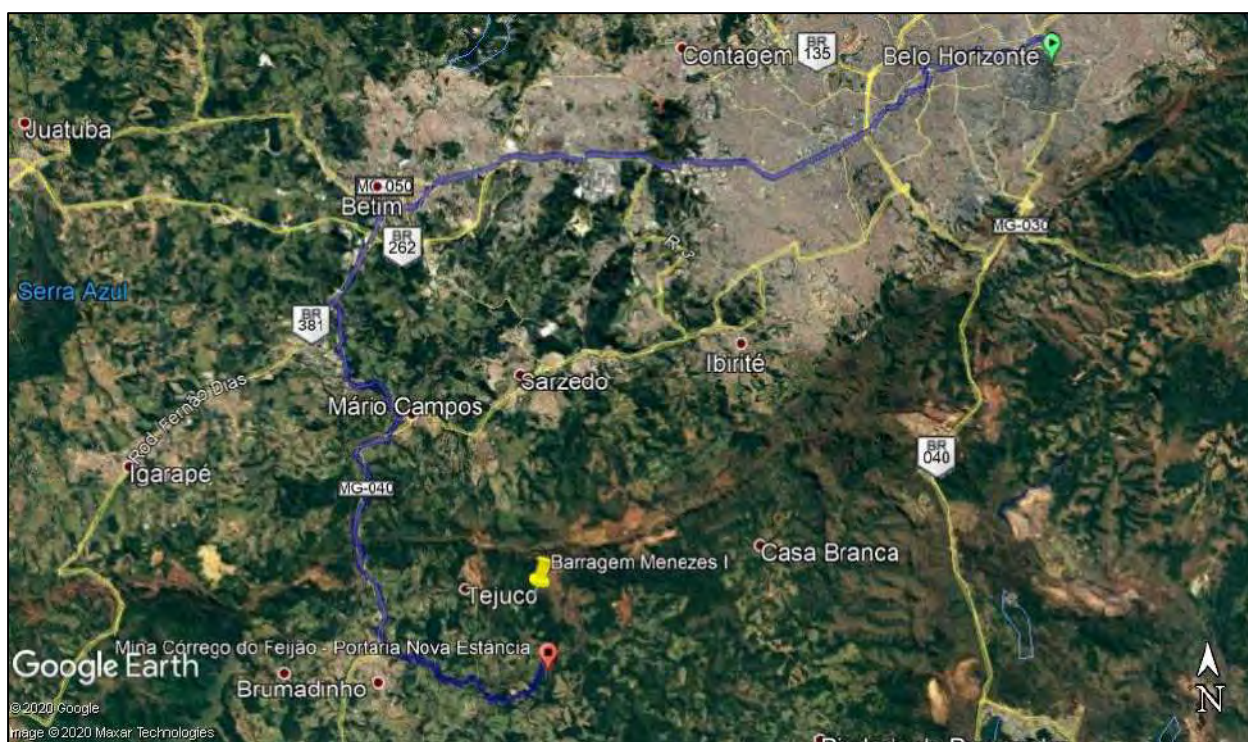


Figura 2-1 – Acessos a Barragem Menezes I (Fonte: Google Earth)

A Barragem Menezes I localiza-se no Córrego Olaria, na Mina Córrego do Feijão. A barragem tem por finalidade a contenção de sedimentos provenientes das áreas de depósitos de estéril (Menezes I, II e III), estradas e áreas de lavras. Na mesma linha de drenagem, posicionada mais a jusante, encontra-se a Barragem Menezes II. A barragem está localizada nas coordenadas UTM 589.975E / 7.775.044N. Na Figura 2. é apresentada o mapa de localização e na Figura 2.2 a localização alocação da Barragem Menezes I e a sua área de entorno.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 7/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1



Figura 2.2 - Localização da Barragem Menezes I (Fonte Google Earth)



Figura 2.3–Vista geral da Barragem Menezes I.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 8/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BARRAGEM ATUAL

A Barragem Menezes I foi construída em 1994, com a finalidade de contenção sedimentos advindos da PDE Menezes III.

Apresenta maciço com crista na El. 828,00 m, com 50,0 m de extensão e taludes de jusante com inclinação variável. Segundo desenho As Built (VALE, 05/2017), a barragem possui talude de montante com inclinação 1V:1,4H e taludes de jusante com inclinações: 1V:1,8H da El. 811,90 m a El. 813,90 m; 1V:2H da El. 813,90 m a El. 820,00 m; e 1V:1,7H da El. 820,00 m a El. 828,00 m.

O sistema extravasor consiste em vertedor de superfície, de soleira livre na El. 825,25 m, implantado na ombreira direita do maciço, composto pelos seguintes trechos:

- Emboque com geometria composta por dois trapézios contíguos (o inferior, com revestimento de concreto, e o superior em terreno natural, sem revestimento);
- Canal extravasor.

O reservatório, segundo levantamento topobatimétrico, encontra-se com sedimentos até a El. 823,00 m.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 9/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4. ESTUDO DE ALTERNATIVAS

4.1. GERAL

Os estudos de alternativas para a descaracterização da Barragem Menezes I, compreenderam, inicialmente, na análise dos documentos disponibilizados, visita de campo na área da barragem e conforme as normatizações vigentes que visam o aumento da segurança e confiabilidade deste estudo.

Foram vislumbradas 3 alternativas de Arranjo:

Alternativa 1 - Remoção total da barragem e sedimentos do reservatório;

Alternativa 2 – Remoção parcial da barragem e sedimentos do reservatório, remoção total do canal extravasor e configuração da estrutura restante em galgável;

Alternativa 3 – Remoção parcial da barragem e sedimentos do reservatório e construção de um canal de drenagem.

4.2. DADOS BÁSICOS CONSIDERADOS

4.2.1. Topografia

Para o estudo e elaboração das alternativas de descaracterização da Barragem de Menezes I, foram considerados critérios e premissas solicitados pela Vale e a boa prática da Engenharia. Para a implantação do projeto foram utilizadas as bases topográficas *Sobreposição de topografias cnivel_20200308_utm23s_Sirgas-2000_1m_parte2*, topografia atual e *Restituição Ferro-Carvão 1966_5m_recorte - SAD69*, topografia primitiva, convertida para o sistema de coordenadas Sirgas2000 para que atenda as normas vigentes (*IBGE Nº 1/2005*) estabelecidas, autorizado pela Vale.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 10/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Fez-se uma análise comparativa entre os documentos mais recentes, referentes aos logs de sondagem da Geocontrole (2020), pertencente a campanha de investigação geológico-geotécnica do As Is, em elaboração pela Tetra Tech (2020), e a Base Topográfica Primitiva, onde verificou-se inconsistências para interpretação e delimitação do maciço entre o barramento e a fundação da Barragem Menezes I. Sendo observado, principalmente, na seção transversal ao eixo da Barragem Menezes I, seção B-B, a diferença entre o contato do maciço da estrutura e a fundação (Figura 4-1).

Devido essa divergência de informações entre as sondagens e a topografia primitiva foi implantado na região do maciço uma superfície de terreno de acordo com as informações fornecidas pelas sondagens (Figura 4-2 e 4-3), com aproximadamente 3,50 m abaixo da topografia primitiva, garantindo assim melhor estimativa nos quantitativos e segurança nas análises.

Ressalta-se que a interpretação desenvolvida dos aspectos volumétricos e topográficos das alternativas, na área do maciço, foram feitas com base nos arquivos disponibilizados, Mapa Geológico Geotécnico do Projeto As Is Tetra Tech (2020) (ref. 1850JJ-X-31212), Logs de Sondagens da Geocontrole (2020), e Base Topográfica do Projeto As Is Tetra Tech (2020) (ref. 1850JJ-X-31210).

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 11/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

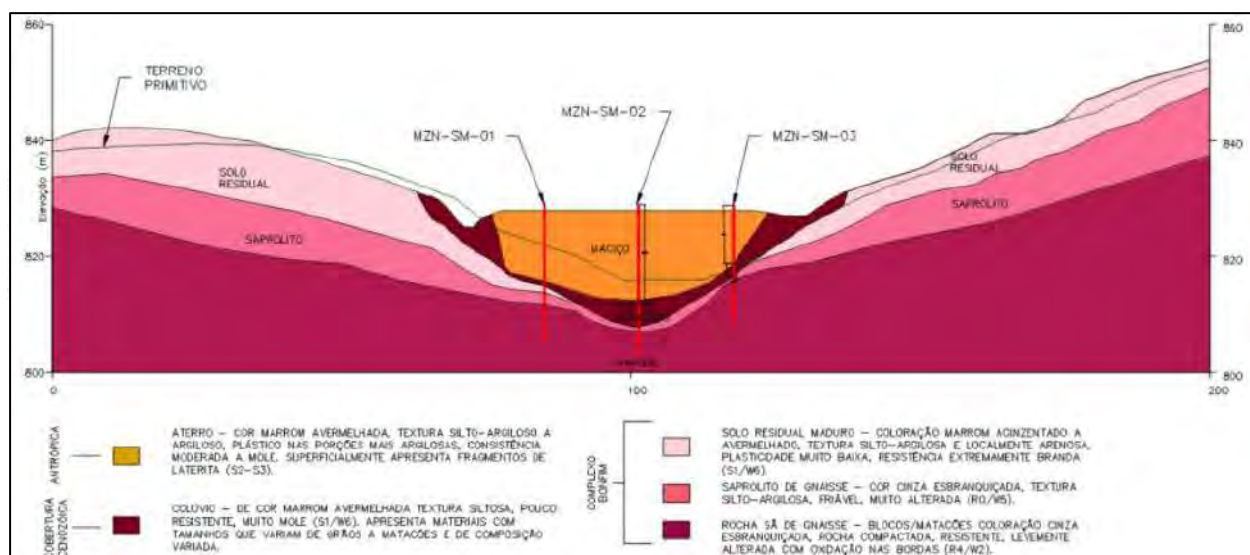


Figura 4-1 – Seção Geológico-Geotécnica BB interpretada pela BVP a partir dos logs de sondagem da Geocontrol 2020 e mapa Geológico-Geotécnico (ref. 1850JJ-X-31212).

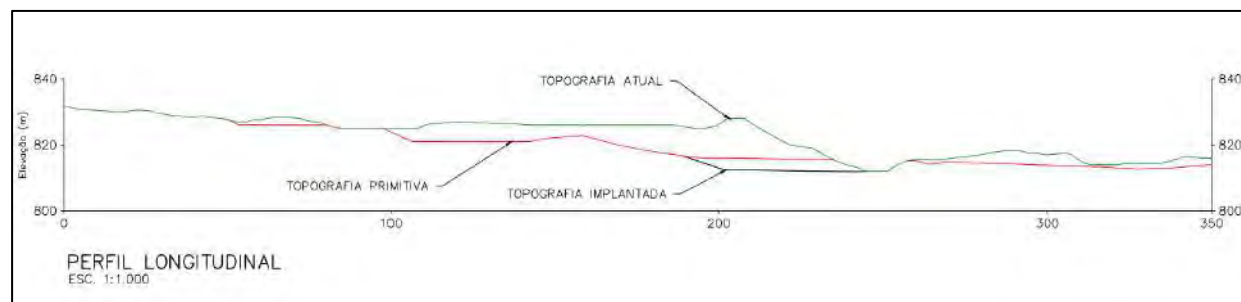


Figura 4-2 – Topografia implantada de acordo com a sondagem – Perfil Longitudinal.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 12/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

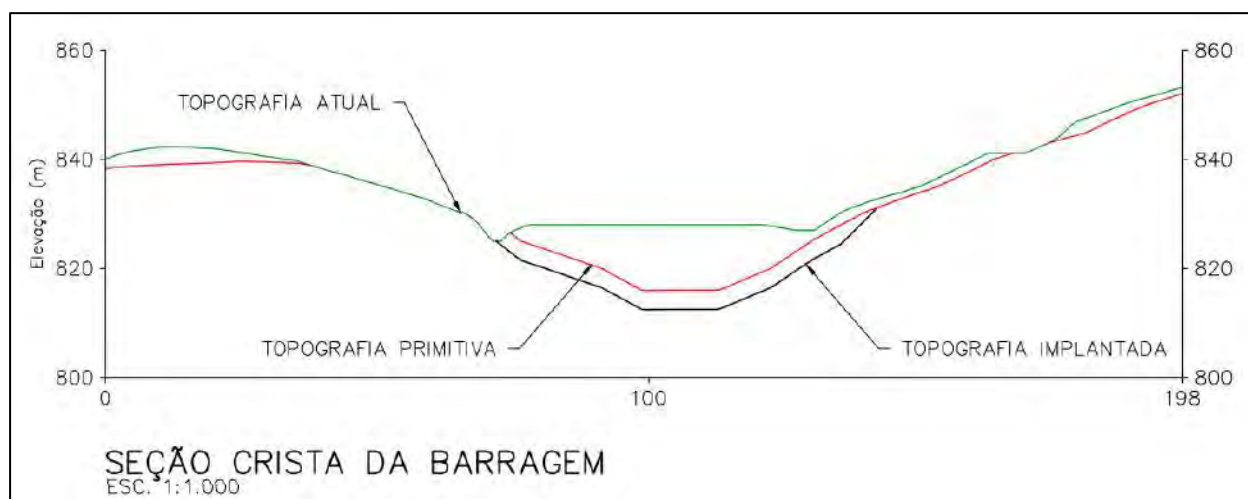


Figura 4-3 – Topografia implantada de acordo com a sondagem – Seção Transversal

4.2.2 Geologia

Este item tem como objetivo apresentar as informações geológico-geotécnicas da fundação e entorno da Barragem Menezes I, com base na documentação disponibilizada pela Vale até a data de emissão desse relatório, bem como dados coletados na visita de campo. Nesse sentido, apresenta-se aqui uma compilação de dados referentes às informações de investigações executadas durante as fases de projeto dessa estrutura, bem como sondagens disponibilizadas mais recentemente, e que vem sendo executadas para o projeto de “As Is”.

A BVP fez uma avaliação crítica dos dados citados a fim de interpretar as seções geológico-geotécnicas necessárias para subsidiar os estudos de estabilidade da estrutura em questão, bem como avaliação das alternativas desenvolvidas no presente relatório. Assim, os itens que seguem apresentam uma descrição sucinta do contexto das condições geológico-geotécnicas locais, baseada na documentação disponibilizada.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 13/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.2.2.1. Aspectos Geológicos Regionais

A Barragem Menezes I está inserida no contexto geológico regional do noroeste da província mineral do Quadrilátero Ferrífero, nas adjacências da mina Córrego do Feijão em Brumadinho – MG. Esta região compreende uma fração dos limites meridionais do Cráton do São Francisco, tendo, desta forma, sofrido episódios deformacionais causadores de seu arranjo tectônico variado em composição e idade.

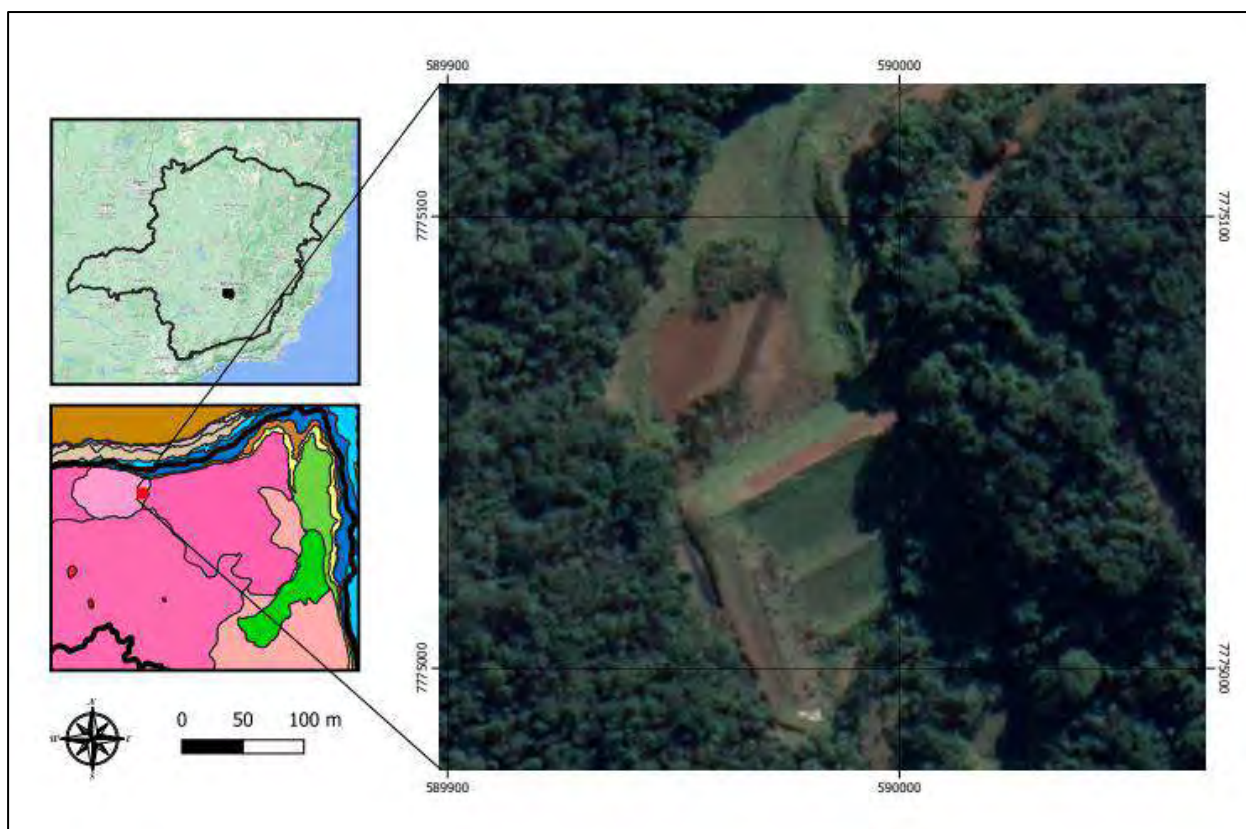


Figura 4-4 - Região do Complexo Bonfim onde está localizada a Barragem Menezes I.

As principais litologias no entorno da Barragem se consistem nas suítes Souza Noschese, composta por ortognaisses tonalíticos a graníticos e migmatíticos, além da Suíte Samambaia, de rochas metatonalíticas (Endo et al., 2019), ambas pertencentes à estrutura dômica do Complexo Bonfim com idades Mesoarqueanas (Carneiro, 1992), que perfazem o entorno da mina e são mais predominantes ao sul da região. Estas também estão localmente encobertas por depósitos de tálus e sedimentos colúvio-eluvionares Neógenos, além de concreções ferruginosas típicas. A sudoeste da área,

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 14/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

também há a ocorrência de intrusões de diques com lineamentos de direção NE-SW compostos por anfibolitos e metadiabásios das Suítes Candeias e Conceição do Itaguá respectivamente, estas classificadas como integrantes dos estratos de topo do Complexo Bonfim (Endo et al., 2019).

Em discordância tectônica de falha inversa com mergulho para NNO (Marshak & Alkimin, 1989) ao norte da Barragem, aflora, na Serra Três Irmãos, a sequência metassedimentar do Supergrupo Minas, descrita como originários de sedimentos de margem plataformar de idades paleoproterozóicas, as quais foram posteriormente deformados pela orogênese Transamazônica (Baltazar e Zuchetti, 2005), também paleoproterozóica, este sendo o principal evento responsável pela orientação ENE-OSO das formações ocorridas na região.

Sua litoestratigrafia foi mapeada, da base para o topo, pelas formações classificadas como: Formação Moeda e Formação Batatal, sendo quartzitos intercalados a xistos no Grupo Caraça; Formação Cauê e Gandarela, por itabiritos e dolomitos do Grupo Itabira; Formações Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro por filitos grafitosos e dolomíticos, quartzitos ferruginosos e xistos do Grupo Piracicaba e, por fim, quartzitos, filitos e xistos pelo Grupo Sabará, indiviso (Endo et al., 2019).

4.2.2.2. Sismicidade Regional

Sabe-se que o Brasil se situa em região intraplaca, afastado de suas bordas e, portanto, de baixa atividade sísmica. Porém, sismos pequenos a moderados não são tão raros de ocorrerem no território nacional (Assumpção, 2016). Partindo da premissa que podem ocorrer sismos aleatoriamente em qualquer lugar do território nacional, a probabilidade de provocarem acelerações no chão (PGA – Peak Ground Acceleration) superiores a 5% de g (0,05 da aceleração da gravidade) é de 1/1000 anos (uma a cada mil anos).

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 15/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Entretanto, dados históricos (Figura 4-5) mostram que a localização dos tremores não é aleatória, ocorrendo com maior frequência em algumas regiões específicas do Brasil como no Sul de Minas Gerais (além de Ceará, Rio Grande do Norte, Pantanal, etc.).

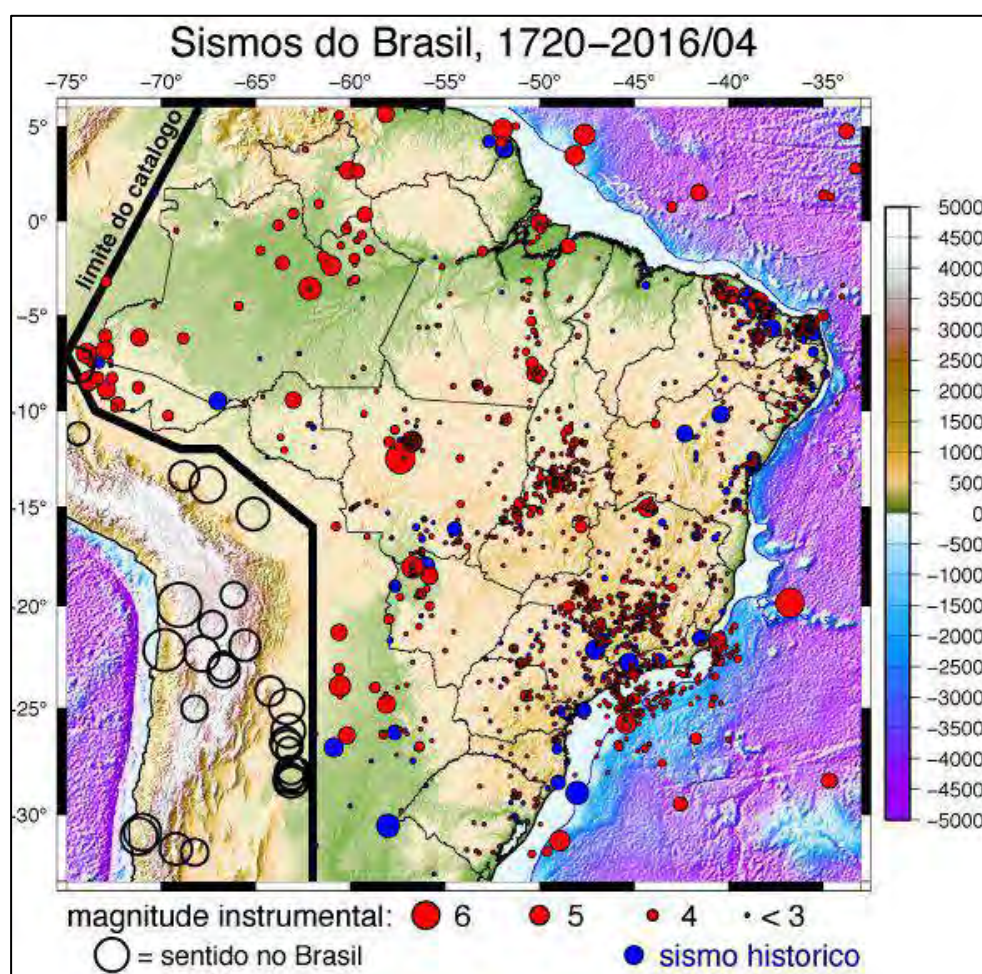


Figura 4-5 - Catálogo Sísmico brasileiro – apenas sismos rasos (Assumpção, 2016)

Além dos tremores naturais, estruturas como barragens estão sujeitas diversas fontes de sismos induzidos, como o próprio enchimento do reservatório, desmontes de rocha, mineração subterrânea ou mesmo tráfego de equipamentos e veículos pesados.

Um dos critérios mais utilizados para a avaliação da performance de uma estrutura geotécnica frente a um sismo é o apresentado no relatório “Critérios de Projetos Cíveis” da Eletrobrás, onde recomenda que para avaliação da condição de segurança através de análise pseudo-estática devem ser consideradas acelerações de 0,05g na direção

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 16/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

horizontal e 0,03g na direção vertical. Tal recomendação abrangeria tanto sismos naturais como induzidos e ainda ressalta que os valores de aceleração podem ser majorados caso as condições geológicas locais sejam mais desfavoráveis.

Mapas de ameaças sísmicas evidenciam os graus de movimentação da superfície do terreno para uma dada probabilidade de ocorrência ou período de retorno. Estudos recentes mais detalhados, publicados em 2016, sobre a sismicidade no Brasil chegaram a valores de PGA diferentes dos comumente empregados em estruturas geotécnicas. Apesar de ainda preliminares, devido a diversas incertezas da sismicidade intraplaca e quanto ao modelo adotado para as análises, a Figura 4-6 apresenta regiões onde o PGA ultrapassa o valor de 0,05g, considerando-se período de retorno de 475 anos com probabilidade de 10%.

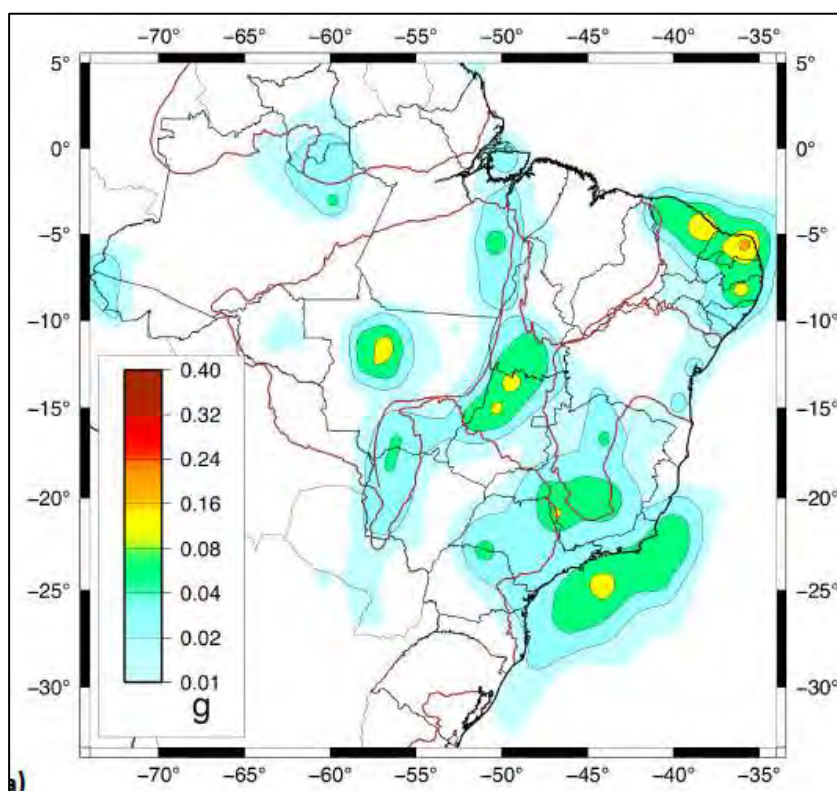


Figura 4-6: Mapa de Ameaça Sísmica para aceleração de pico PGA em rocha com período de retorno de 475 anos (Assumpção, 2016)

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 17/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

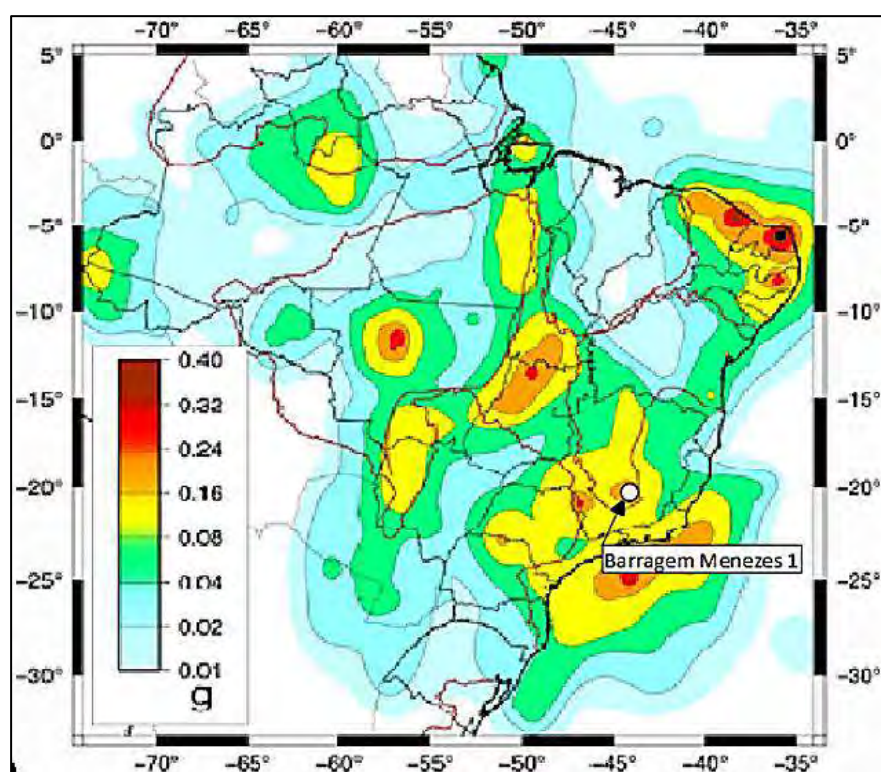


Figura 4-7 Mapa de Ameaça Sísmica para aceleração de pico PGA em rocha com período de retorno de 2475 anos (Assumpção, 2016)

A região específica do Quadrilátero Ferrífero apresenta, de acordo com as imagens acima (Figuras 4-6 e 4-7), aceleração de pico na superfície do terreno entre 0,04g a 0,08g para período de retorno de 475 anos e valores ainda maiores, entre 0,16g e 0,24g considerando-se período de retorno de 2475 anos. Além disso, sabe-se ainda que os dados apresentados foram realizados para propagação de ondas em rocha “dura”, ou seja, pode ocorrer uma amplificação das ondas em maciços de resistência inferior (saprolitos, solos, etc.).

Dado o exposto, ressalta-se que os estudos sobre a sismicidade, especialmente nas regiões de interesse, devem ser aprofundados visto que os valores comumente adotados para PGA podem estar subestimados. Especialmente em casos de estruturas como barragens de rejeitos, com materiais sujeitos a liquefação, a utilização de valores mais realistas nas análises pseudo-estáticas é de extrema relevância.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 18/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Visto as inúmeras incertezas acerca do assunto, serão adotados neste relatório valores de PGA conforme recomendações da Eletrobrás, porém após desenvolvimento de estudos e publicação de dados mais recentes, estes valores poderão ser revistos.

4.2.2.3. Contexto Geológico-Geotécnico Local

Nesse item serão apresentadas em detalhe as condições geológico-geotécnicas da fundação e entornos da barragem Menezes I. Nesse sentido, serão apresentadas as investigações existentes para caracterização de fundação e entorno da barragem, de acordo com os dados coletados em campo, e informações de sondagens realizadas recentemente.

4.2.2.3.1. Investigações Existentes

A estrutura em estudo foi implantada no ano 1994 com base no projeto elaborado pela Geodinâmica Eng., não havendo informações sobre investigações geológico-geotécnicas para desenvolvimento deste projeto na época.

A primeira campanha de investigações geológico-geotécnicas realizadas na região da Barragem Menezes I é referente ao Projeto As Is da Barragem Menezes I proposta pela Domus (2012) contando com quatro sondagens mistas ao longo do eixo da barragem, no maciço da barragem, conforme Tabela 4-1.

Foram disponibilizados também as sondagens programadas para o Projeto As Is que está sendo desenvolvido pela Tetra Tech (2020). Destes estudos foram disponibilizados 3 logs de sondagem ao longo da crista, executados pela Geocontrole além do Mapa Geológico-Geotécnico (ref. 1850JJ-X-31212) e a base topográfica (ref. 1850JJ-X-31210).

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 19/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Tabela 4-2 apresenta os dados das sondagens do As Is conforme descrição da Geocontrole.

A seguir na Figura 4-8 são apresentadas todas as sondagens disponíveis da Barragem Menezes I, totalizando 7 Sondagens Mistas (SMs).

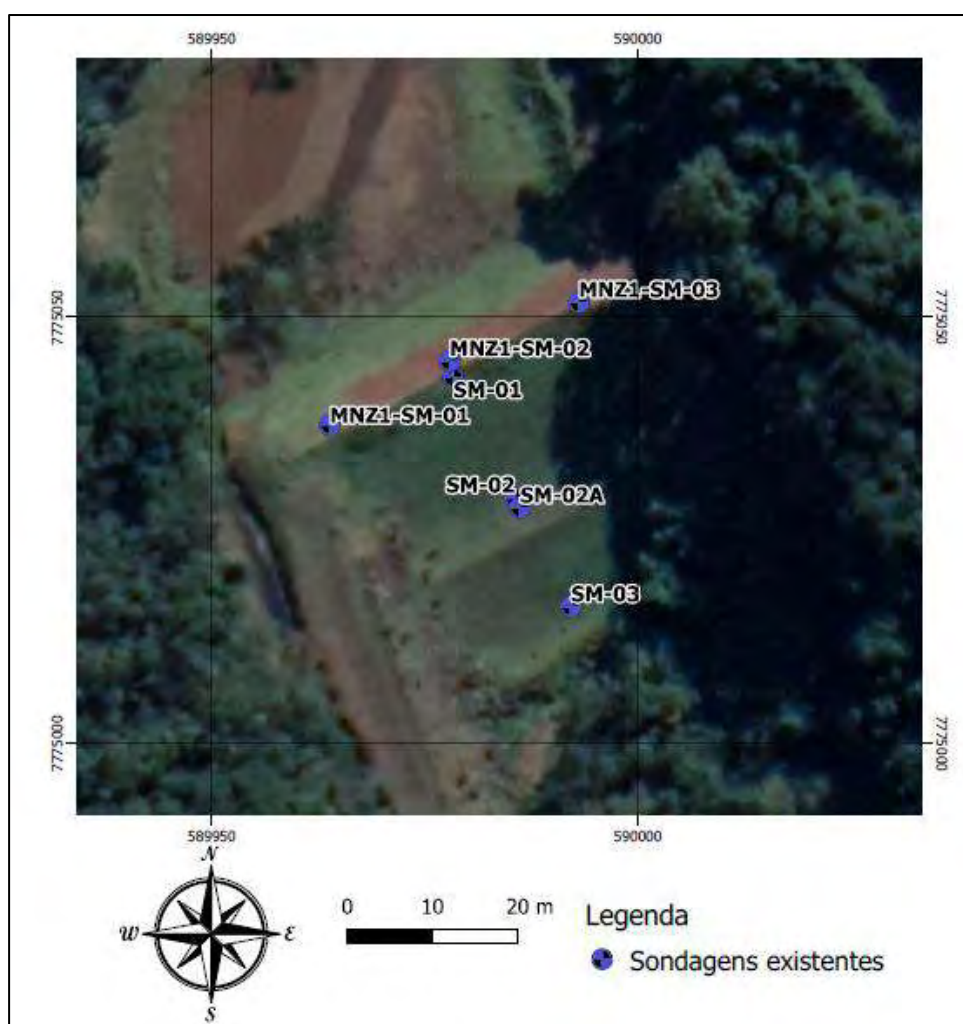


Figura 4-8 - Mapa de localização das investigações geológico-geotécnicas existentes na Barragem Menezes I.

Tabela 4-1 – Campanha de Investigação Geológico-Geotécnica desenvolvida pela Domus (2012) (ref. DOM-BM1-RDP-01)

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição
SM-01	E 589978.35 N 7775042.95	827,461	21,70	10,95	0,00	13,45	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					13,45	17,45	Canga

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 20/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição
					17,45	18,70	Solo residual - Areia pouco siltosa, amarela
					18,70	21,00	Saprolito - Areia pouco siltosa esbranquiçada
					21,00	21,70	Gnaiss
SM-02	E 589985.57 N 7775028.83	819,785	11,35	5,93	0,00	8,45	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					8,45	10,55	Saprolito - Areia pouco siltosa esbranquiçada
					10,55	11,35	Gnaiss
SM-02A	E 589986.18 N 7775027.63	819,785	8,65	-	0	8,65	Areia (fina, grossa e média), siltosa, pouco argilosa, com pedregulhos, marrom escura.
SM-03	E 589992.16 N 7775016.05	814,672	15,17	2,64	0,00	3,30	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					3,30	3,60	Transição pedregulhos
					3,60	5,42	Dreno - blocos de rocha
					5,42	8,25	Solo residual - Areia pouco siltosa, amarela
					8,25	12	Solo residual - Areia pouco siltosa, esbranquiçada
					12	15,17	Saprolito - Areia pouco siltosa, esbranquiçado
					15,17	15,25	Gnaiss

Tabela 4-2 – Campanha de Investigação Geológico Geotécnica Projeto As Is Tetra Tech (2020).

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição (Geocontrole, 2020)
MNZ1-SM-01	E 589.963,851 N 7.775.037,373	828,984	24,00	12,55	0,00	3,47	Aterro silto-argiloso, arenoso, com pedregulhos de até 3,0 cm. Apresenta raízes superficiais e oxidação incipiente. Cor marrom avermelhado. Resistente média a rija.
					4,00	14,00	Aterro areno-siltoso, com pedregulhos de até 5,0 cm de composição e forma variada. Cor marrom escuro. Resistente pouco compacta a compacta.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 21/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição (Geocontrole, 2020)
					14,00	17,10	Saprolito de gnaíse, silto arenoso (areia média a grossa). Apresenta estrutura reliquiar. Cor ocre a cinza. Apresenta eventuais fragmentos de quartzo de até 1cm. Resistência rija a dura.
					17,10	20,00	Gnaíse de cor branco a cinza, extremamente e levemente alterado. Medianamente resistente.
					20,00	24,00	Gnaíse de cor branca a cinza, medianamente a muito fraturado e são. Resistente.
MNZ1-SM-02	E 589.977,927 N 7.775.044,860	828,932	26,000	15,13	0,00	3,00	Aterro argilo-siltoso, arenoso com pedregulhos de até 5,0 cm de hematita compacta. Cor marrom avermelhado. Resistência média.
					3,00	5,45	Aterro areno-siltoso, com pedregulhos de até 4,0 cm. Cor marrom. Resistência pouco a medianamente compacta.
					5,45	6,00	Aterro argilo-arenoso (areia grossa), com pedregulhos de até 3,0 cm. Cor marrom.
					6,00	16,45	Aterro areno-siltoso, localmente argiloso, com pedregulhos de até 1,5 cm. Cor marrom. Resistência medianamente compacta a compacta.
					16,45	18,00	Aterro composto por pedregulhos de hematita e xisto até 12,0 cm. Cor cinza e branco. Resistência muito compacta.
					18,00	21,00	Aterro composto por blocos de hematita compacta até 45,0 cm e eventuais pedregulhos de gnaíse de até 4,0 cm. Cor cinza.
					21,00	26,00	Gnaíse com eventuais passagens de xistosidade bem desenvolvida, levemente alterado e muito a extremamente fraturado. Localmente, apresenta dendritos milimétricos de manganês em fraturas. Cor branco com partes cinza. Medianamente resistente a resistente.
MNZ1-SM-03	E 589.993,068 N 7.775.051,746	828,84	15,17	14,47	0,00	5,00	Aterro silto argiloso, alternando com trechos argilo siltoso, com pedregulhos de até 5cm. Cor avermelhada a marrom. Resistência média a dura.
					5,00	6,47	Aterro arenoso fino, silto argiloso, ferruginoso, com pedregulhos milimétricos. Cor cinza, a marrom escura. Resistência média a rija.
					6,47	8,00	Aterro silto argiloso, com pedregulhos de até 5cm. Cor avermelhada a marrom.
					8,00	10,00	Solo residual, argilo siltoso, com pedregulhos de até 5cm. Cor avermelhada, com manchas ocre brancas. Resistência mole a dura.
					10,00	11,00	Não recuperado
					11,00	11,46	Trecho arenoso (fino a médio), com fragmentos milimétricos de rocha na

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 22/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição (Geocontrole, 2020)
							porção basal. Cor marrom clara. Resistência fofa.
					11,46	12,23	Saprolito de gnaiss, com matriz areno siltosa (proporções variáveis), contribuições cauliniticas, e fragmentos centimétricos de rocha, imersos na matriz. Cor ocre a marrom, com partes brancas. Resistência muito compacta.
					12,23	18,00	Gnaiss levemente alterado, pouco a extremamente fraturado, com oxidação entre as fraturas. Cor branca. Medianamente resistente
					18,00	20,00	Gnaiss são, com trecho levemente alterado entre (18.00 a 18.20m), apresenta oxidação entre as fraturas. Cor branca. Medianamente resistente.

4.2.2.3. Condições Geológico-Geotécnicas da Fundação da Barragem

A caracterização geológico-geotécnica da área da Barragem Menezes I foi feita por meio da compilação e análise dos dados existentes e visita técnica ao local. Esses dados serão apresentados considerando os parâmetros geomecânicos que seguem o padrão utilizado pela BVP e que são descritos nas

Tabela 4-3,

Tabela 4-4 e

Tabela 4-5.

Tabela 4-3 - Tabela de classificação do grau de alteração (adaptado pela BVP Engenharia).

GRAU	ALTERAÇÃO	DESCRIÇÃO
6	Solo	Solo Residual (Maduro ou Jovem) Transportados (Aluvião ou Colúvio)
5	Extremamente Alterado (SAP)	Apresentam minerais primários físico e quimicamente alterados e totalmente pulverulentos. A textura original é preservada.
4	Muito Alterado	Apresenta minerais primários muito alterados físico e quimicamente, por vezes pulverulentos e friáveis.
3	Medianamente Alterado	Apresenta minerais primários muito alterados físico e quimicamente. Rocha bastante descolorida.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 23/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

2	Levemente Alterado	Apresenta minerais primários muito alterados físico e químicas incipientes. Rocha ligeiramente descolorida.
1	Rocha Sã	Apresenta minerais primários sem vestígios de alteração.

Tabela 4-4- Classificação do grau de resistência do maciço (Modificada BVP 2012).

Tabela 4-4 Classificação do grau de resistência do maciço (modificada BSI 2012).										
ISRM (ADAPTADO)										
ÍNDICE DE RESISTÊNCIA ²		Descrição	Rc (MPa)	I.S.	AVALIAÇÃO DE CAMPO					
				(MPa)	martelo	risco canivete ¹	queda canivete	raspagem canivete ¹	risco unha	pressão manual
R6		Extremamente resistente	>250	>10	lascada	-	-	-	-	-
R5		Muito resistente	100-250	4-10	quebra com dificuldade com vários golpes	-	-	-	-	-
R4		Resistente	50-100	2-4	quebra com vários golpes	risco superficial	-	-	-	-
R3		Medianamente resistente	25-50	1-2	quebra com dificuldade com um golpe		ponto pequeno	com muita dificuldade	-	-
R2	R2 ⁺	Pouco Resistente	10-25	-	quebra com um golpe	risca	ponto grande	com dificuldade	-	-
	R2 ⁻	Branda	5-10		fragmenta com um golpe			produz pó	risco superficial	-
R1	R1 ⁺	Muito branda superior	3-5	-		risca fundo	penetra	com facilidade produz muito pó	risca	quebra pontualmente
	R1 ⁻	Muito branda inferior	1-3		desagrega	corta (separa)		descasca entalha	penetra	quebra as bordas
R0		Extremamente branda	0.25-1	-	-	-	penetra	-	corta	desagrega

Tabela 4-5 - Tabela de Classificação da Compacidade dos Solos Argilosos/Siltosos, segundo ISRM.

ISRM				
SOLOS ARGILOSOS				SPT
		Rc (MPa)		
S6	Dura	>0,5	Indentada pelo polegar com dificuldade.	>30
S5	Muito rija	0,25 a 0,5	Facilmente indentada pelo polegar.	>19
S4	Rija	0,1 a 0,25	Facilmente indentada pelo polegar, mas penetrada só com grande esforço.	11 a 19
S3	Média	0,05 a 0,1	Penetrável com dificuldade vários centímetros pelo polegar.	6 a 10
S2	Mole	0,025 a 0,05	Facilmente penetrável vários centímetros pelo polegar.	3 a 5
S1	Muito mole	<0,025	Facilmente penetrável vários centímetros pelo punho.	<2

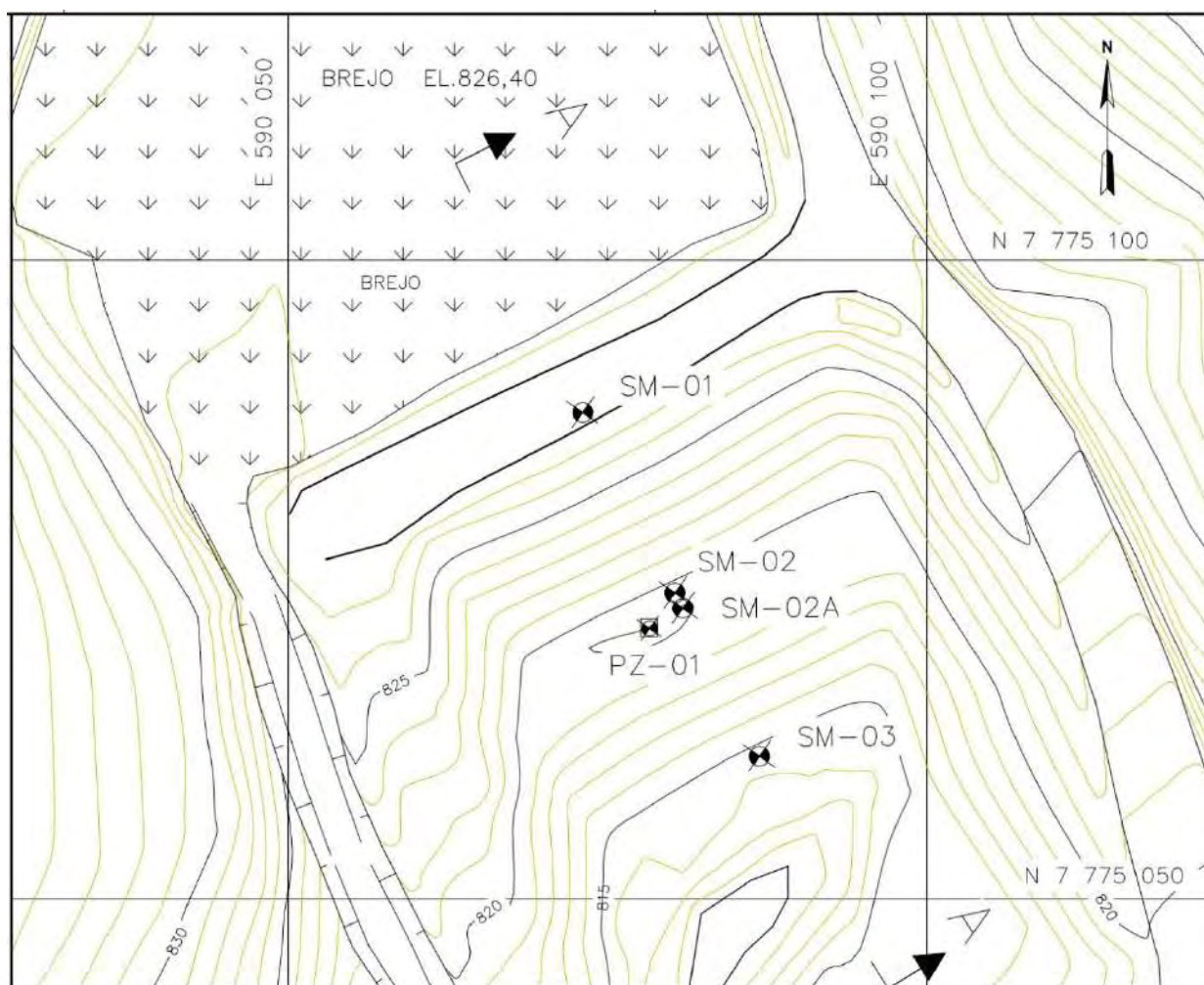
		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 24/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Conforme Domus (2012) (ref. DOM-BM1-RDP-01) a Barragem Menezes I foi implantada no local do domínio geológico das rochas arqueanas, pertencentes à unidade estratigráfica denominada Gnaiss Souza Noschese – representante local dos Complexos Ortognáissicos – constituída por gnaiss graníticos, com foliação incipiente, equigranulares, com granulometria média, coloração cinza clara a esbranquiçada.

No local o maciço rochoso gnáissico, são, muito consistente e pouco fraturado, comparece, em geral, capeado por manto de alteração de espessura variável, constituído por horizontes de solo residual e de saprolito, de textura arenosa, pouco siltosa, e por solos de origem transportada – colúvio – com textura argilo-arenosa e coloração marrom avermelhada, dominado superficialmente as vertentes. Depósitos de canga limonítica ocorrem localizadamente, sobreposto ao gnaiss. Depósitos antrópicos são representados pelo aterro da barragem e pelos sedimentos finos por ele contidos e que assoreiam parcialmente o reservatório.

Esse aterro, que compõe o maciço de barramento, é constituído por materiais de textura areno-siltosa, pouco argilosa, com pedregulhos, certamente provenientes de área de empréstimo ou da utilização de estéril advindo de decapeamento de mina. São apresentados nos estudos de As Is da Domus (2012), o desenho BM1-AI-EG-04, em planta na Figura 4-9 e seção geológico-geotécnica apresentada na Figura 4-10. A seção elaborada por Domus (2012) (ref. BM1-AI-EG-04), foi brevemente adaptada e empregada nas análises geotécnicas (seção AA), do item 4, detalhamento das alternativas.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 25/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1



PLANTA
ESC.: 1:250

Figura 4-9: Seção A-A em planta do Projeto As Is Domus (2012) (ref. BM1-AI-EG-04)

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 26/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

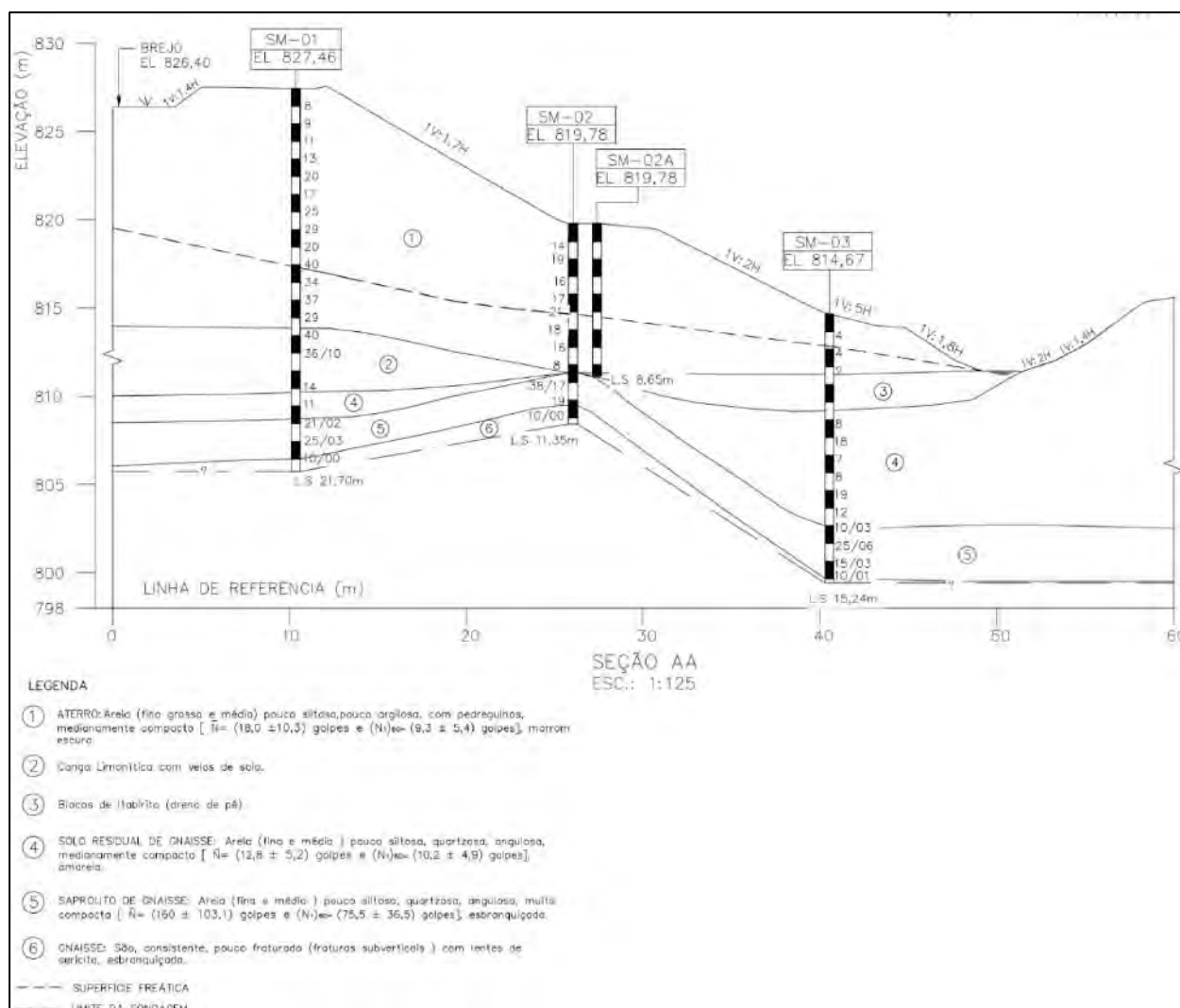


Figura 4-10: Seção ao longo do eixo da Barragem Menezes I, interpretada por Domus (2012) (ref. BM1-AI-EG-04).

O Mapa Geológico-Geotécnico do Projeto de As Is, em andamento, da Tetra Tech (ref. 1850JJ-X-31212) apresentado na Figura 4-11: Mapa Geológico-Geotécnico do Projeto As Is da Tetra Tech (2020)

(ref. 1850JJ-X-31212)11, tem informações sobre os materiais aflorantes ao longo das ombreiras, e área a jusante da Barragem Menezes I. Ao longo da ombreira esquerda foi mapeado solo residual maduro de gnaiss, em contato com filito ambos do Complexo Bonfim, e também em contato com colúvio. Já na ombreira esquerda foram

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 27/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

identificados materiais de cobertura cenozóica, como colúvio e canga laterítica. Na região a jusante da Barragem Menezes I foi mapeado presença de colúvio e solo residual maduro de gnaiss. Ressalta-se que a seção BB do documento não foi disponibilizada ainda para a BVP Engenharia.

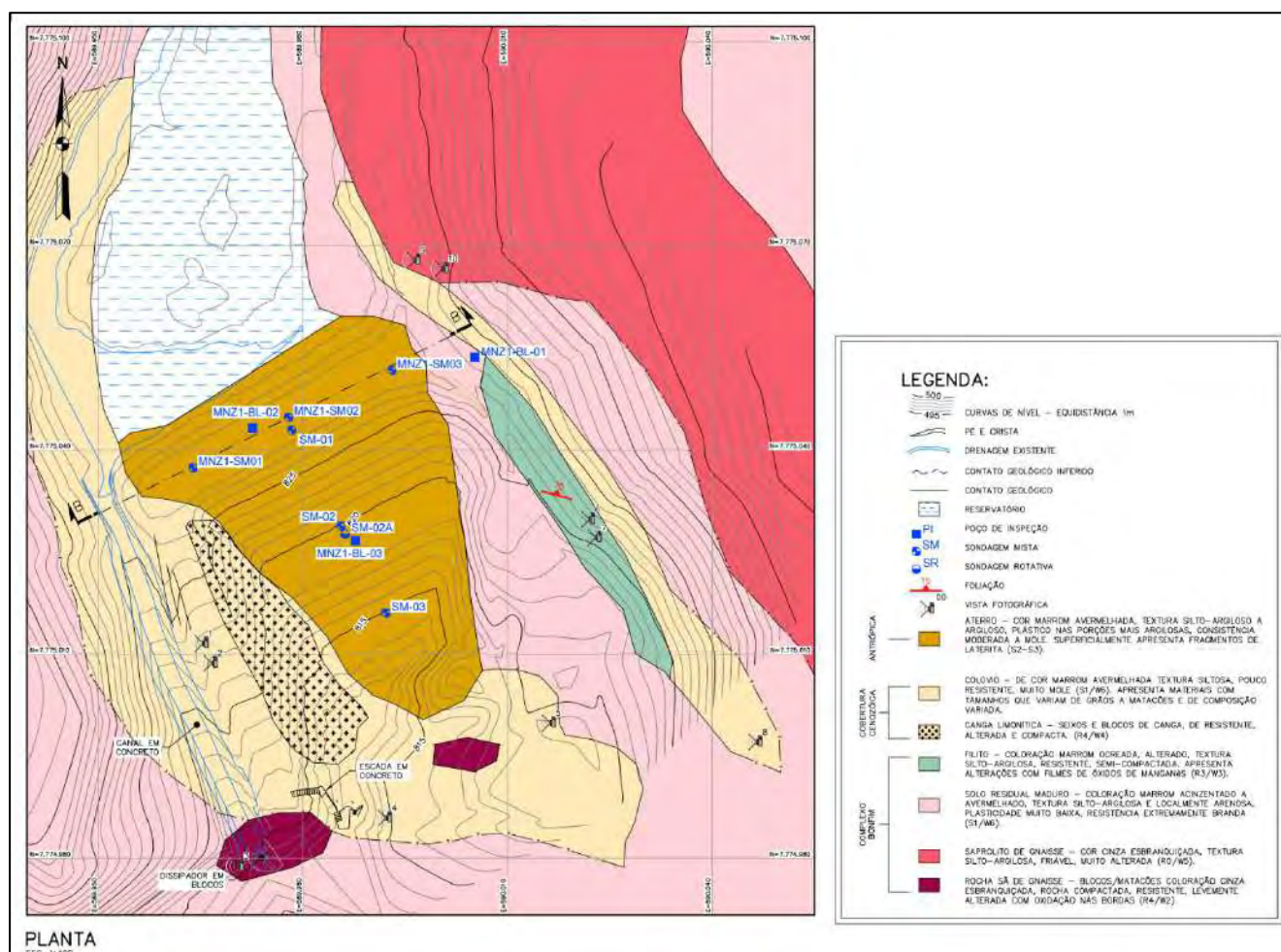


Figura 4-11: Mapa Geológico-Geotécnico do Projeto As Is da Tetra Tech (2020) (ref. 1850JJ-X-31212)

A partir das informações disponibilizadas foi elaborada a seção BB, Figura 4-12 e Figura 4-13, com interpretação geológico-geotécnica dos logs da campanha do Projeto As Is Tetra Tech (2020) (ref. 1850JJ-X-31212), conforme a

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 28/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Tabela 4-6. A interpretação atual, levou em conta que a ombreira direita apresenta material transportado (colúvio), e por se tratar de um vale onde esses materiais transportados são típicos, foi possível interpretar que há colúvio nas duas ombreiras. O relatório de visita técnica da BVP (2020) (ref. RL-1850JJ-X-31169) apresenta fotos e descrições dos materiais na ombreira esquerda na região jusante, sendo descrito o material como um solo coluvionar silto argiloso pouco arenoso (fino a médio) com clastos decimétricos, apresentando coloração típica de material laterizado.

Também foi encontrado o solo coluvionar em contato com solo residual de gnaiss na ombreira direita, na região jusante. Deste modo a interpretação para o presente trabalho apresentada é que nas regiões das ombreiras em contato com a crista da Barragem Menezes I se trata de um colúvio laterítico.

Sendo esse material coluvionar presente na MNZ1-SM-01 no trecho entre 13,25 a 14 m, trecho sem recuperação, na MNZ1-SM-02 entre 16,45 e 19,00, com descrição da Geocontrole (2020) como aterro composto por blocos de hematita compacta até 45,0 cm., e na sondagem MNZ1-SM-03 no trecho entre 10,00 e 12,45 m trecho parcialmente não recuperado também. Para os demais materiais foram seguidas as descrições realizadas nas sondagens, com base em valores de SPT e delimitando um perfil de intemperismo de Gnaiss São Pouco Fraturado a Fraturado, Saprolito de Gnaiss, e Solo Residual de Gnaiss.

Tabela 4-6 – Interpretação dos logs de sondagem da Geocontrole (2020), campanha de investigação geológico-geotécnica da Tetra Tech (2020)

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição
MNZ1-SM-01	E 589.963,851 N 7.775.037,373	828,984	24,00	12,55	0,00	13,25	Aterro silto-argiloso, arenoso, com pedregulhos de até 3,0 cm.
					13,25	14,00	Colúvio Laterítico

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 29/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição
					14,00	15,00	Solo residual, argilo siltoso, com pedregulhos de até 5cm.
					15,00	16,00	Gnaiss são pouco fraturado a muito fraturado
					16,00	26,00	Gnaiss são pouco fraturado a muito fraturado
MNZ1-SM-02	E 589.977,927 N 7.775.044,860	828,932	21,00	15,13	0,00	16,45	Aterro argilo-siltoso, arenoso com pedregulhos de até 5,0 cm de hematita compacta.
					16,45	19,00	Colúvio Laterítico
					19,00	20,00	Saprolito de gnaiss
					18,00	21,00	Gnaiss são pouco fraturado a muito fraturado
MNZ1-SM-03	E 589.993,068 N 7.775.051,746	828,84	20,00	14,47	0,00	10,00	Aterro silto-argiloso, arenoso, com pedregulhos de até 3,0 cm.
					10,00	12,45	Colúvio Laterítico
					12,45	13,00	Solo residual, argilo siltoso, com pedregulhos de até 5cm.
					13,00	20,00	Gnaiss são pouco fraturado a muito fraturado

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 30/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

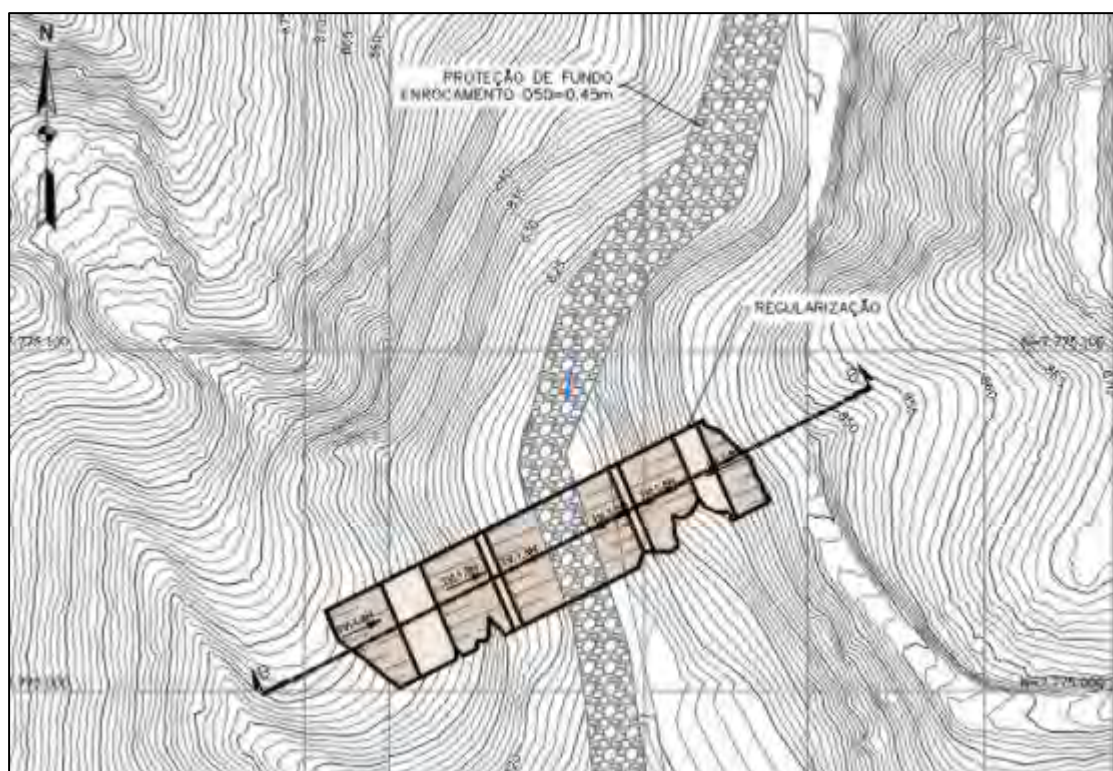


Figura 4-12: Seção BB, em planta, interpretada pela BVP, a partir dos logs de sondagem da Geocontrole 2020 e mapa Geológico-Geotécnico (ref. 1850JJ-X-31212).

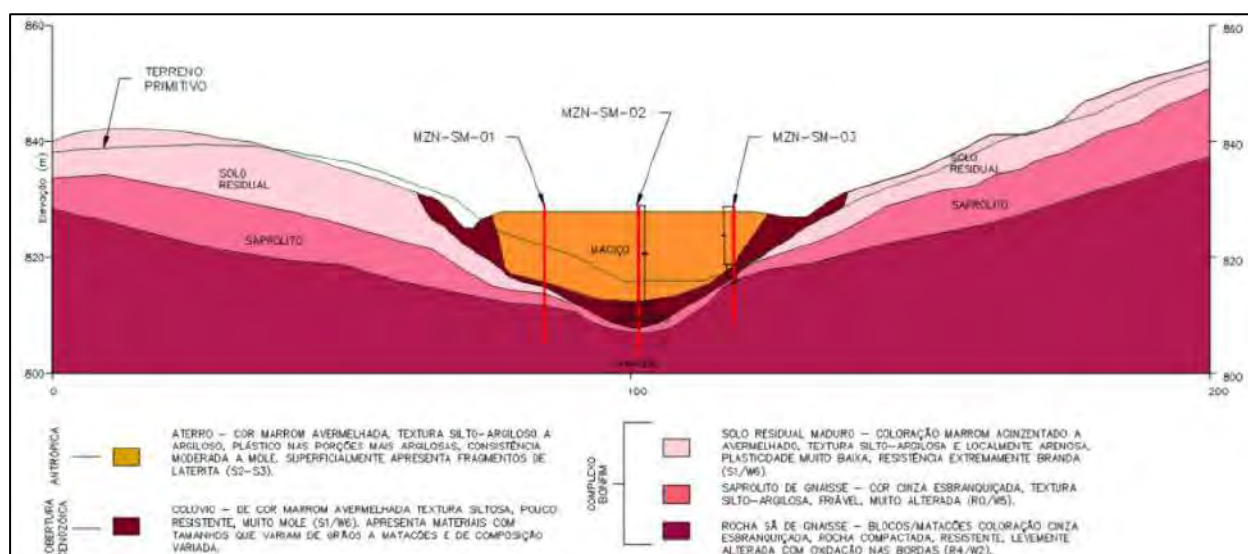


Figura 4-13: Seção Geológico-Geotécnica BB interpretada pela BVP a partir dos logs de sondagem da Geocontrole 2020 e mapa Geológico-Geotécnico (ref. 1850JJ-X-31212).

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 31/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.2.3 Geotecnia

Neste item será abordado os critérios de projeto, a metodologia e os parâmetros geotécnicos considerados para as análises de estabilidade para a descaracterização da Barragem Menezes I.

4.2.3.1 Critérios de projeto utilizados nas análises

As seções transversais críticas de análise da Barragem Menezes I foram verificadas para quatro condições de carregamento:

- Condição normal;
- Condição não drenada;
- Condição pseudo-estática (análise sísmica + drenada)

Para as seções longitudinais críticas de análise dos taludes das ombreiras direita e esquerda da Barragem Menezes I foi verificada a condição normal. Na Tabela 4-7 são apresentados um resumo dos critérios de avaliação utilizados nas análises de estabilidade, bem como os fatores de segurança mínimos exigidos.

Tabela 4-7 – Fatores de segurança mínimos

Critério de análise	FS	Condição	Referência	Talude
Condição Normal	1,5	Resistência efetiva	NBR 13028	Jusante
Condição Normal	1,5	Resistência efetiva	NBR 13028	Ombreira direita e esquerda
Condição não drenada ⁽¹⁾	1,3	Resistência não drenada	NBR 13028 FEAM 2020	Jusante
Pseudo-estática (solicitação sísmica) ⁽²⁾	1,1	Resistência efetiva e drenada	NBR 13028	Jusante

(1) Parâmetro de resistência não drenada para o solo residual ($S_u = 0,31$), conforme apresentado no item 5.3.4 do documento RL-1850JJ-X-31170.

(2) Acelerações sísmicas sugeridas pelo Manual Eletrobrás (2003) $KV.g = 0,03g$ e $KH.g = 0,05g$;

Os projetos de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água devem atender a condições estabelecidas na Norma Brasileira de Barragens 13.028, no que tange carregamento estático, análise drenada e não-

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 32/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

drenada, nível de água normal e nível de água mais desfavorável também designado de crítico e pseudo-estático (abalos sísmicos). Embora a Barragem Menezes I seja um projeto de descaracterização de barragem, foram analisados alguns cenários estabelecidos pela NBR 13.028 no que tange os seguintes critérios de análise: Condição Normal, Condição não drenada e condição Pseudo-estática (solicitação sísmica).

Segundo o termo de referência para elaboração do relatório técnico de auditoria de segurança de barragens emitido no ano de 2020 (FEAM, 2020), os modos de falha devem ter a avaliação geotécnica quanto a estabilidade física: “(i) *sob condições drenadas, contra escorregamentos ou instabilização dos taludes em condição estática e dinâmica; e (ii) sob condições não-drenadas, contra liquefação (na hipótese de suscetibilidade), escorregamentos ou instabilização dos taludes em condição estática e dinâmica*”. Por isso, será apresentado a análise Pseudo-estática (solicitação sísmica) considerando apenas o comportamento drenado de todos os materiais.

4.2.3.2 Metodologia

Os estudos de estabilidade dos taludes foram desenvolvidos com o auxílio do software Slide 2018, versão 9.00, que se baseia na teoria do equilíbrio limite para calcular o fator de segurança. A formulação matemática do software para esses estudos possibilita uma análise simples e/ou complexa dos problemas envolvendo estabilidade, no qual utiliza vários métodos teóricos para o cálculo do fator de segurança, além de permitir que sejam consideradas nas análises propriedades heterogêneas, diferentes estratigrafias e diferentes tipos de ruptura (planar, circular e plano-circular), e de incorporar nas análises o comportamento das pressões neutras atuantes no maciço.

As análises foram executadas considerando as fases apresentadas na Tabela 4- por meio do método GLE/Morgenstern-Price, o qual leva em consideração as forças entre

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 33/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

fatias. Foram consideradas superfícies não circulares de ruptura e o critério de resistência utilizado nas análises foi o critério de ruptura de Mohr-Coulomb.

4.2.3.3 Parâmetros Geotécnicos

Como referido nos Critérios de Projeto, os parâmetros utilizados nas análises são os do critério de ruptura de Mohr-Coulomb (coesão efetiva, c' , e ângulo de atrito efetivo, ϕ') para os materiais com comportamento drenado e o critério de ruptura Vertical Stress Ratio (τ / σ'_v) para os materiais não drenados (solo residual).

Os parâmetros geotécnicos da fundação foram retirados do relatório DOM-BM1-RDP-01 emitido pela empresa DOMUS em 2012. Porém, o relatório não informa como foram definidos tais parâmetros. Considerando a fase atual dos estudos, esses parâmetros podem ser utilizados, mas é recomendado que, para continuidade dos estudos, seja realizado algumas investigações geotécnicas, principalmente na região próxima aos taludes das ombreiras direita e esquerda.

No relatório de consolidação de dados elaborado pela BVP (RL-1850JJ-X-31170), apresentam-se os resultados dos ensaios de laboratório assim como as interpretações e definições dos parâmetros geotécnicos de resistência ao cisalhamento adotados para todos os materiais envolvidos nas análises de estabilidade, apresentados na Tabela 4-8.

Cabe ressaltar, que para as próximas etapas de desenvolvimento do projeto de descaracterização da estrutura, uma nova campanha de investigação deverá ser executada de forma a entendermos com mais detalhes o comportamento dos materiais do maciço, solo residual e região das ombreiras, visto que o projeto de “As Is” não detalhou estes pontos com acurácia. Sendo assim, os valores adotados na Tabela 4.8, são preliminares e os mesmos deverão ser confirmados para as próximas etapas do projeto.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 34/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Tabela 4-8 – Parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade

Material	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Su	Referência
Aterro compactado	29	6	33	-	(1)
Dreno de pé	26	0	42	-	(2)
Colúvio Laterítico	19	20	31	-	(1)
Solo residual (Parâmetros efetivos)	20	0	33	-	(2)
Solo residual (Não-drenado)	20	-	-	0,31	(3)
Saprolito	22	0	43	-	(2)
Gnaise	22	40	45	-	(2)
Enrocamento (Blocos de Gnaise)	25	0	40	-	(4)

- (1) Resultados dos ensaios de laboratório realizados no projeto de “As Is” de 2020 da Tetra Tech, documentos .xls: EC_12805-AI – Copia; EC_12807-AI – Copia; e EC_12809-AI – Copia.
- (2) Relatório técnico DOM-BM1-RDP-01 – Volume 02: Diagnostico de Performance e “As Is” das estruturas elaborado pela empresa Domus em 2012.
- (3) Estimativa a partir do ensaio SPT executado em 2012 (BMI-AI-EG-04_Rev_0), usando a metodologia apresentada por Olson & Stark (2003).
- (4) Baseado na experiência técnica da BVP.

Sendo:

γ – Peso específico;

c' – Coesão efetiva;

ϕ' – Ângulo de atrito interno efetivo;

Su – Resistencia não-drenado do material.

Para maiores informações sobre os parâmetros geotécnicos, consultar o Relatório técnico – Avaliação crítica dos dados (RL-1850JJ-X-31170).

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 35/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.2.4 Hidrologia

Os estudos hidrológicos aqui apresentados tiveram por objetivo levantar o potencial hídrico da bacia de contribuição da Barragem Menezes I, fornecendo subsídios para o dimensionamento das estruturas hidráulicas e para a realização dos estudos hidrossedimentológicos.

4.2.4.1 Estudo de Chuvas

Os estudos hidrológicos realizados para o reservatório da Barragem Menezes I, na fase de Estudo de Alternativas, foram inteiramente revisados considerando os deflúvios superficiais resultantes da transformação chuva-vazão na bacia de contribuição, uma vez que o escoamento de base é pouco significativo quando comparado ao escoamento superficial gerado por cheias máximas prováveis.

Para o estudo foi adotada a relação precipitação-duração-frequência (PDF) das chuvas para a Mina Córrego do Feijão, extraídas do documento “Estudo de Chuvas Intensas e Cálculo da PMP Corredor Sudeste – VALE”, elaborado pela POTAMOS em 2020. Para a determinação dos quantis de Precipitação Máxima Provável com durações sub-diárias, realizou-se desagregação da precipitação de 24 horas. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**4-9 apresenta a relação precipitação-duração-frequência adotada para a presente verificação.

Tabela 4-9 – Relação precipitação-duração-frequência – Mina de Córrego do Feijão

Duração	Tempo de retorno <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000	10000	PMP
10 min	17,4	22,0	25,0	27,9	28,8	31,5	32,4	34,9	38,1	40,6	48,5	61,4
15 min	22,7	28,7	32,5	36,1	37,3	40,7	42,7	45,9	50,1	53,2	63,2	80,0
20 min	26,5	33,4	37,8	42,0	43,3	47,3	50,0	53,8	58,6	62,1	73,6	93,2
30 min	31,8	40,0	45,3	50,2	51,8	56,5	60,4	64,8	70,6	74,7	88,2	111,8
1 h	40,8	51,3	58,0	64,3	66,3	72,3	78,0	83,7	91,0	96,2	113,3	143,6
2 h	52,9	66,8	75,8	84,3	87,0	95,2	103,2	111,2	121,5	129,1	154,0	195,2
3 h	59,9	75,8	86,2	96,0	99,2	108,7	118,0	127,3	139,3	148,3	177,8	225,3
4 h	64,9	82,2	93,6	104,3	107,8	118,2	128,5	138,7	152,0	161,9	194,7	246,7

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 36/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

6 h	72,0	91,3	104,0	116,0	119,9	131,6	143,2	154,7	169,8	181,1	218,5	276,9
8 h	77,0	97,7	111,3	124,4	128,5	141,2	153,7	166,1	182,5	194,7	235,4	298,3
10 h	80,9	102,7	117,1	130,8	135,2	148,5	161,8	175,0	192,3	205,3	248,5	314,9
12 h	84,0	106,7	121,7	136,1	140,6	154,6	168,4	182,2	200,3	214,0	259,2	328,4
18 h	91,1	115,8	132,1	147,8	152,7	168,0	183,2	198,3	218,2	233,2	283,0	358,6
24 h	96,1	122,2	139,5	156,1	161,3	177,5	193,6	209,7	230,8	246,8	299,9	380,0
2 d	122,8	157,4	180,3	202,3	209,2	230,7	252,0	273,2	301,2	322,4	392,7	497,7
3 d	150,1	191,9	219,6	246,1	254,5	280,5	306,2	331,9	365,7	391,3	476,2	603,5
5 d	193,2	246,8	282,3	316,4	327,2	360,5	393,5	426,4	469,8	502,6	611,6	775,1
7 d	228,2	291,1	332,7	372,6	385,3	424,3	463,1	501,7	552,6	591,1	718,8	911,0
10 d	272,4	346,0	394,7	441,5	456,3	501,9	547,3	592,4	652,0	697,1	846,6	1072,9
15 d	332,7	423,3	483,3	540,9	559,1	615,4	671,2	726,9	800,3	855,7	1039,9	1317,9
20 d	383,7	486,8	555,0	620,5	641,3	705,3	768,8	832,0	915,5	978,6	1188,1	1505,7
30 d	469,5	591,4	672,0	749,4	773,9	849,6	924,6	999,4	1098,1	1172,6	1420,2	1799,8

Com relação à discretização temporal dos quantis de chuva, ela foi realizada por meio do método de Huff, adotando a curva do 2º quartil e 50% de probabilidade de ocorrência para a distribuição dos blocos de precipitação (CHOW et al., 1988).

Os hietogramas totais foram transformados em efetivos por meio da metodologia proposta pelo US SCS – United States Soil Conservation Service. Nesse sentido, a condição atual de uso e ocupação do solo nos terrenos da bacia de contribuição foi mapeada, permitindo a adequada determinação dos parâmetros do modelo SCS.

A metodologia adotada encontra-se incorporada ao software HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), em sua versão 3.5, elaborado pelo Hydrologic Engineering Center do US Army Corps of Engineers, sendo esse modelo utilizado para a geração dos hietogramas efetivos.

O cálculo dos hidrogramas de escoamento superficial foi realizado por meio da convolução dos hietogramas de precipitação efetiva, utilizando o Hidrograma Unitário Triangular Sintético (HUTS) proposto pelo SCS, construído a partir das características geomorfológicas da bacia de contribuição, como, por exemplo, a área de drenagem.

A metodologia de construção do HUTS do SCS encontra-se incorporada ao HEC-HMS, de forma que este “software” foi também utilizado para a transformação chuva-vazão.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 37/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.2.4.2 Caracterização da Bacia

A bacia de contribuição para a Barragem Menezes I é composta por mata natural e pela PDE Menezes. Considerando que o uso e a ocupação das áreas são bem definidos, para a presente revisão do estudo, a área da bacia de contribuição foi dividida em 2 sub-bacias, a primeira é a área natural e a segunda relativa à pilha, conforme Figura 4-14. As características geomorfológicas da bacia de contribuição, as quais são de interesse para as análises hidrológicas da Barragem Menezes I estão apresentadas na

Tabela 4-10.

Tabela 4-10 – Caracterização geomorfológica da bacia de contribuição

Nome da Área	Área de Drenagem (km²)	Comprimento do Talvegue Principal (km)	Declividade do Talvegue Principal (%)	Uso e Ocupação Predominante
SB1	0,57	1,1	9,6	Mata Natural
SB2	0,45	1,41	Variável (bermas)	Pilha

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 38/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

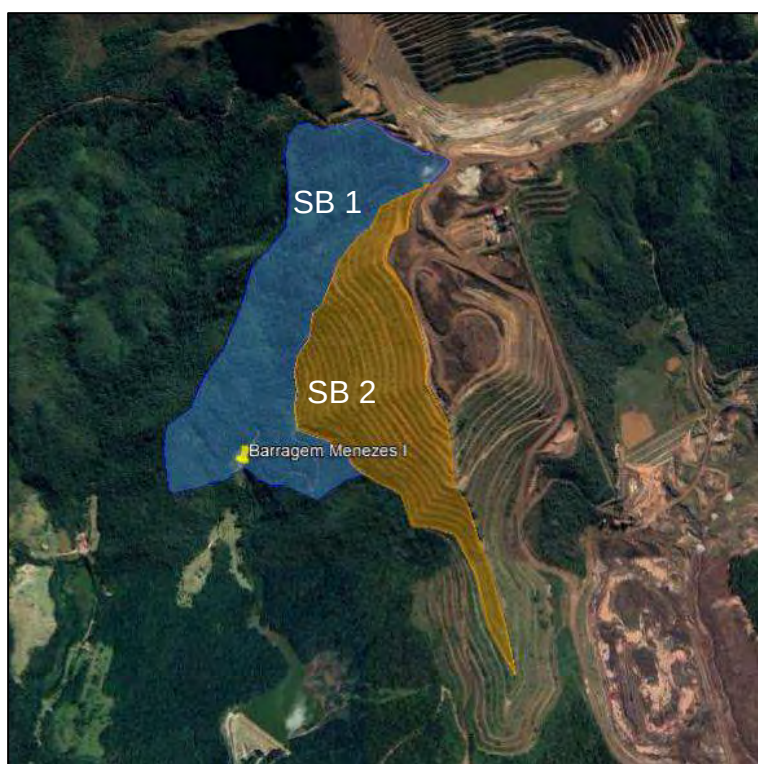


Figura 4-14 – Área de Drenagem da Barragem Menezes I

A partir da caracterização geomorfológica da bacia de contribuição, foram determinados alguns parâmetros para as simulações hidrológicas desenvolvidas, apresentados na Tabela 4-11.

Tabela 4-11– Parâmetros de modelagem hidrológica da bacia de contribuição

Nome da Área	T _c (minutos)	Lagtime (minutos)	Δt Hietogramas (minutos)	CN	I _a (mm)	% A _{imp} *
SB1	32,4	19,4	1,0	60	33,9	0
SB2	20,7	12,4	1,0	74	17,8	0

* A área impermeável foi previamente considerada para o cálculo do CN.

Na Tabela 4-11 tem-se que:

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 39/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Tc (tempo de concentração): para a SB1 (área natural) foi calculado pela média aritmética dos tempos de concentração determinados a partir das fórmulas de Kirpich e GB Willians. Para a SB2 foi calculado pelo método cinemático.

Lagtime: apresenta o tempo de retardo, estimado em (3/5) do (tc) por recomendação da metodologia do SCS para a transformação chuva-vazão. Conceitualmente, este parâmetro representa o intervalo de tempo existente entre o centro de massa do hietograma e a vazão de pico do hidrograma correspondente.

Δt Hietogramas: apresenta o intervalo de tempo para a geração dos hietogramas de precipitação total, a partir dos quantis pontuais de precipitação. Por recomendação dos manuais do HEC-HMS esse parâmetro deve ser sempre inferior a 29% do “lagtime”. Tal recomendação permite que resultados como as vazões de pico dos hidrogramas sejam melhor caracterizados.

Ia (abstrações iniciais ocorridas nos terrenos da bacia): calculado a partir do CN e também utilizado na geração dos hietogramas de precipitação efetiva.

% Aimp: porcentagem de áreas impermeáveis nos terrenos das bacias.

CN (Número da Curva): Índice do método do SCS para a geração dos hietogramas efetivos a partir dos totais. Esse parâmetro depende do uso e ocupação do solo nos terrenos das bacias e foi determinado para a condição média de umidade antecedente (CN-II) e solo com a capacidade de infiltração média. Adotou-se como referência para CN os valores recomendados por Chow (1988). Esses critérios são citados e definidos no método do SCS, sendo aqui escolhidos aqueles recomendados no âmbito de projeto.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 40/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.2.4.3 Resultados das simulações

Para os dimensionamentos hidráulicos das alternativas, foi considerada a vazão máxima quando da passagem da cheia com TR 1.000 anos, para dimensionamento ou verificação da capacidade. A vazão máxima é atingida durante um evento de 2 horas de duração, conforme Tabela 4-12 abaixo.

Tabela 4-12 – Vazões máximas para TR 1.000 anos

Duração	Vazões Máximas (m³/s)
1 hora	12,6
2 horas	15,0
4 horas	13,1
6 horas	11
8 horas	9,4
10 horas	8,2
12 horas	7,3
18 horas	5,6
1 dia	4,5
2 dias	3,3
3 dias	2,8
5 dias	2,3
7 dias	2
10 dias	1,7
15 dias	1,4
20 dias	1,2
30 dias	1

4.2.4.4 Curva Cota x Área x Volume

A curva cota-volume da Barragem Menezes I, apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** 4-13 e Figura 4-15, foi elaborada utilizando o levantamento topobatimétrico que foi disponibilizado à BVP, datado de 07 de julho de 2020. A soleira do vertedouro encontra-se na elevação 825,25 m.

Tabela 4-13 - Curvas Cota x Área-Volume do reservatório

Cota (m)	Área (m²)	Volume (m³)
823	826	0
824	2.589	1.626

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 41/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

825	2.975	4.406
825,25	3.060	7.423
826	4.497	11.264
827	5.184	16.101
828	5.544	21.463

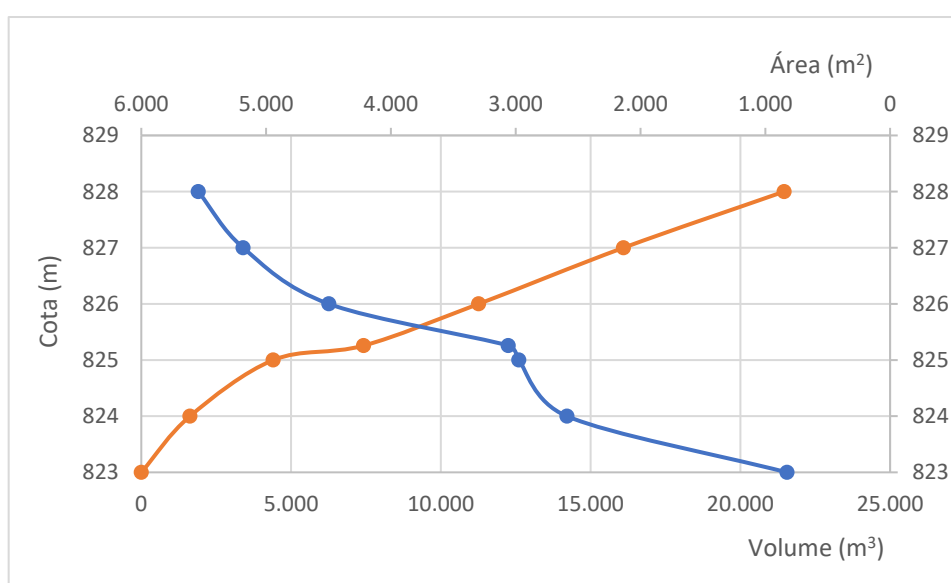


Figura 4-15 – Curvas cota x área-volume do reservatório

4.2.4.5 Estudos Hidrossedimentológicos

Os estudos hidrossedimentológicos tiveram por objetivo caracterizar e quantificar o aporte natural de sedimentos da bacia de contribuição da Barragem de Menezes I. Portanto, a premissa utilizada foi, a de não haver qualquer aporte de sedimentos da PDE Menezes III direcionada para Barragem Menezes I.

O reservatório de contenção de sedimentos deve apresentar três faixas de reservatório características, a primeira para contenção de sedimentos, denominada Volume Morto, a segunda para garantia do processo de sedimentação dos sólidos, denominada Volume de Residência, e a última para o amortecimento de cheias.

O Volume Morto se refere à zona de armazenamento efetivamente destinada ao acúmulo de sólidos sedimentáveis, os quais, para aí se depositarem, dependem da residência das vazões afluentes ao reservatório no interior do mesmo, dado um período

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 42/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

de tempo específico, denominado Tempo de Residência. O cálculo desse tempo, por sua vez, está diretamente relacionado às características dos sólidos contidos nessas vazões afluentes. A zona de armazenamento que garante todo esse processo de deposição denomina-se Volume de Residência.

a) Metodologia de cálculo de Volume Morto

Foram mapeados 2 tipos de uso e ocupação do solo a montante da barragem, quais sejam:

- Terreno natural;
- Área de Mineração (Pilha).

Foram definidas taxas de sedimentação(T), relativas à geração e transporte dos sedimentos, para cada um desses tipos. Adotou-se 30 m³/ha.ano para Terreno Natural e 300 m³/ha.ano para Pilha PDE Menezes III.

Sendo assim, para um dado reservatório, tornou possível calcular o Volume Morto demandado (VM), por meio da aplicação da seguinte equação.

$$Vm = n * ((A_{TN} * T_{TN}) + (A_{PILHA} * T_{PILHA}))$$

Em que:

(n) denota o intervalo de tempo desejado entre as manutenções (limpeza) dos reservatórios (desassoreamentos), em anos. Nesse caso, estipulado sempre em 1 ano.

(Ai) denota a área da bacia que efetivamente contribui com sólidos sedimentáveis para o interior dos reservatórios, em hectares (ha). Corresponde a um tipo de uso e ocupação cuja sigla é “i”.

(Ti) denota a taxa de sedimentação associada a um tipo de uso e ocupação “i”, em m³/ha.ano.

(VM) denota o Volume Morto demandado, em m³.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 43/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Quanto a eficiência de retenção, a velocidade média do escoamento no interior do reservatório foi calculada conforme formulação recomendada por Pinheiro (2011), apresentada a seguir:

$$V_s = Q \times L / \text{Volume}$$

Onde:

V_s = velocidade média do escoamento (m/s);

Q = vazão média afluyente (m^3/s): calculada adotando-se modelo matemático HEC-HMS, que resultou em uma vazão média afluyente com 24 horas de duração e 2 anos de tempo de retorno igual a $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$;

L = comprimento longitudinal do reservatório (m);

Volume = Volume armazenado (m^3).

A velocidade de sedimentação foi calculada conforme formulação recomendada por Morris e Fan (2009), apresentada a seguir:

$$W_s = \frac{[1636 (\rho_s - \rho) d^3 + 9\mu^2]^{0.5} - 3\mu}{500d}$$

Onde: W_s = velocidade de sedimentação da partícula (m/s);

ρ_s e ρ = densidade dos sólidos e da água (kg/m^3), respectivamente;

μ = viscosidade ($\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$);

d = diâmetro das partículas (m^3) - Adotados diâmetros médios dos sedimentos recomendados por Pinheiro (2011).

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 44/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

b) Resultados

Na verificação realizada nos Estudos Hidrossedimentológicos resultou que a vida útil do reservatório da Barragem Menezes I é de 0,49 anos, conforme mostrado na tabela Tabela 4-14.

Tabela 4-14: Cálculo do Volume Morto do reservatório.

Área de Drenagem (ha)		Taxa de Sedimentação (m³/ha.ano)		Tempo (anos)	Volume Morto (m³)
Terreno Natural	Área de mineração	Terreno Natural	Área de mineração		
56,5	44,6	30	300	0,49	7.387
				1	15.075

As tabelas 4-15 e 4-16 apresentam as estimativas de eficiência de retenção em função do tempo de residência e velocidade do escoamento, respectivamente.

Tabela 4-15: Estimativa de retenção em função do tempo de residência.

Tempo (anos)	Areia Média	Areia Muito Fina	Silte Grosso	Argila
0,49	Retido	Retido	Retido	Não Retido
1	Retido	Retido	Retido	Não Retido

Tabela 4-16: Estimativa de retenção em função da velocidade do escoamento.

Tempo (anos)	Areia Média	Areia Muito Fina	Silte Grosso	Argila
0,49	Retido	Não Retido	Não Retido	Não Retido
1	Não Retido	Não Retido	Não Retido	Não Retido

Dos resultados apresentados pôde-se concluir que o reservatório da Barragem Menezes I possui vida útil de 0,49 anos e que limpezas periódicas devem ser realizadas com intervalos menores, principalmente após a passagem de um período chuvoso. Este resultado é válido enquanto a PDE Menezes III está em operação, com proteção superficial em desenvolvimento. Por premissa, o descomissionamento da Barragem Menezes I deverá ocorrer quando da finalização da operação da pilha na área de drenagem a esta barragem.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 45/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Diante do exposto, o aporte de sedimentos obtido com esta metodologia e o tempo de vida útil do reservatório analisado, não devem ser admitidos como valores absolutos, mas sim, como tendência ao assoreamento do mesmo.

Vale ressaltar que, uma premissa importante na implantação desse projeto, como trata-se de uma descaracterização, é que seja finalizado o desvio do aporte de sedimentos da PDE Menezes III para a Barragem Menezes II.

4.2.4.6 Critérios de Projeto Hidráulico

O dimensionamento dos dispositivos hidráulicos atenderá os seguintes critérios gerais:

- Vazão de projeto sistema de descarga: 1.000 anos de período de retorno com verificação para TR 10.000 anos/PMP;
- Vazão de projeto sistema de drenagem principal (canais periféricos): 500 anos de período de retorno, com verificação para TR 1.000 anos;
- Vazão de projeto sistema de drenagem periférica, canais de desvio da bacia de drenagem ou restabelecimento da calha do rio formado por elementos naturais: 500 anos de período de retorno, com verificação para TR 1.000 anos.

4.2.5 Aspectos Ambientais

O Estudo de Alternativas procurou minimizar o impacto ambiental na área da Barragem Menezes I, com concepções que gerassem áreas pequenas de Supressão Vegetal e que não afetasse nenhuma área de Proteção Ambiental.

Como trata-se de um projeto de descaracterização, foi considerada nas alternativas a reintegração total da nova concepção ao ambiente natural:

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 46/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

- Alternativa 1: revegetação da área de remoção total, a montante e a jusante; regularização e proteção superficial do talude na área do maciço removido; e proteção do fundo da calha para adaptação às novas condições hidráulicas.
- Alternativa 2: revegetação da área de remoção parcial, a montante; regularização e proteção superficial do talude na área do maciço removido; e abatimento do talude de jusante do maciço remanescente para melhorar as condições hidráulicas a jusante.
- Alternativa 3: revegetação da área de remoção parcial, a montante; regularização e proteção superficial do talude na área do maciço removido; e direcionamento do fluxo d'água através de canais para proteger o maciço remanescente e para melhorar as condições hidráulicas a montante e a jusante.

4.3. DETALHAMENTO DAS ALTERNATIVAS

No presente item é apresentado o detalhamento das alternativas, de acordo com a presente fase dos estudos.

4.3.2 Alternativa 1

A alternativa 1 contempla a retirada total do Maciço da barragem Menezes I e do extravasor.

4.3.2.1 Estudos Geotécnicos

4.3.2.1.1 Seção de Análise

A Figura 4-16 apresenta planta da área onde será removido o maciço da Barragem Menezes I com locação da seção B-B a ser analisada. A geometria da seção longitudinal B-B utilizada para proceder as análises de estabilidade é apresentada na

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 47/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Figura 4-17. A seção foi definida por se tratar da mais representativa em termos de remoção total do maciço da barragem, de tal modo a verificar a estabilidade dos taludes de ombreira após a exposição dos mesmos.

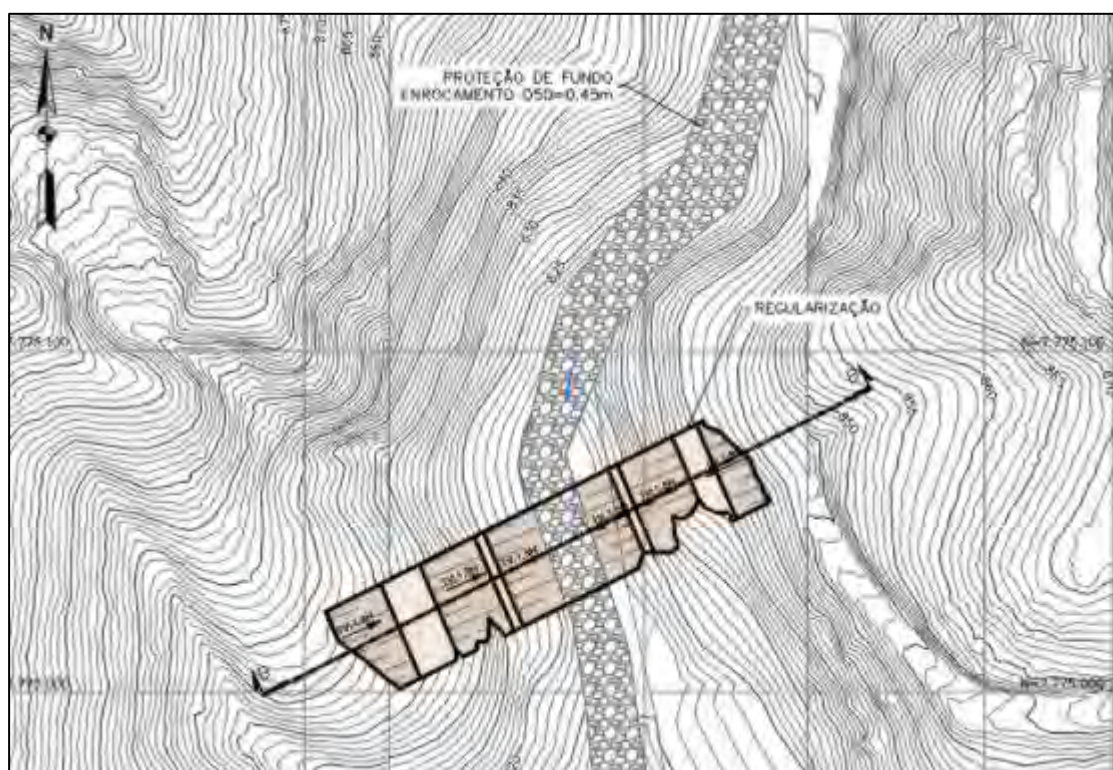


Figura 4-16 – Planta de locação da Seção B-B para análises de estabilidade.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 48/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

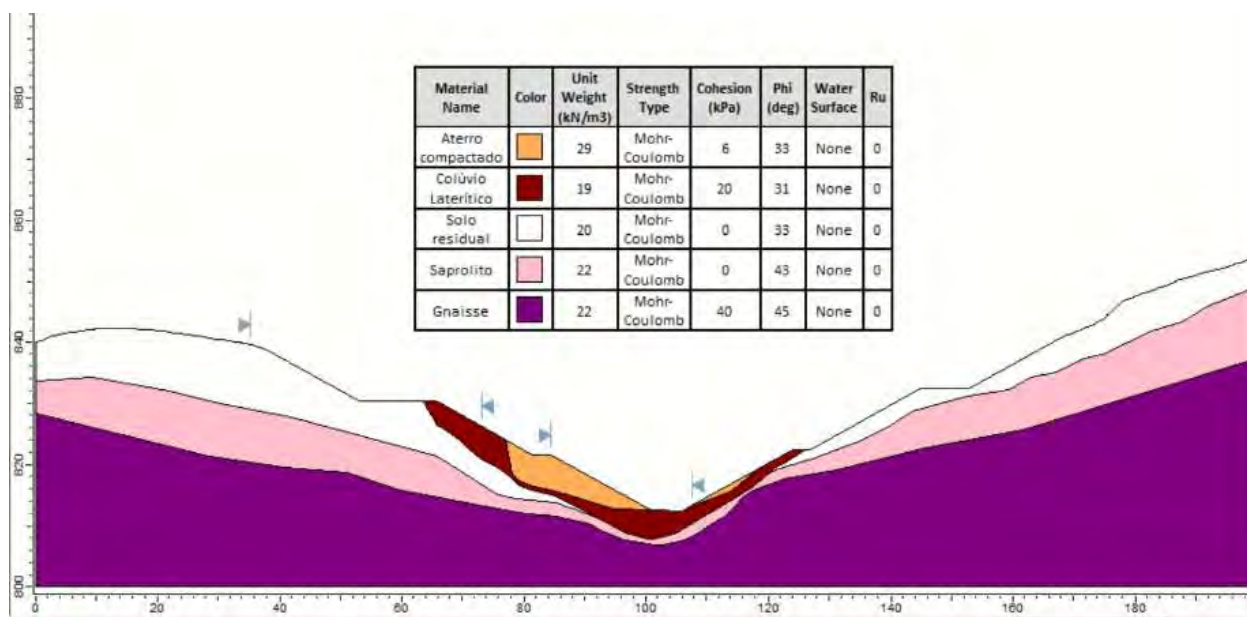


Figura 4-17 – Seção B-B – Seção longitudinal utilizada nas análises de estabilidade.

4.3.2.1.2 Resultados das Análises

A

Tabela 4-1-17 seguir apresenta um resumo dos fatores de segurança obtidos em cada uma das análises de estabilidade da Barragem Menezes I.

Tabela 4-17 – Resumo dos resultados das análises de estabilidade.

Fatores de Segurança Obtidos	
Condição	Seção B-B
Normal (Talude da ombreira direita)	1,70
Normal (Talude da ombreira esquerda)	1,60

A seguir, apresentam-se as figuras contendo as saídas do programa de cálculo com as análises de estabilidade.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 49/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

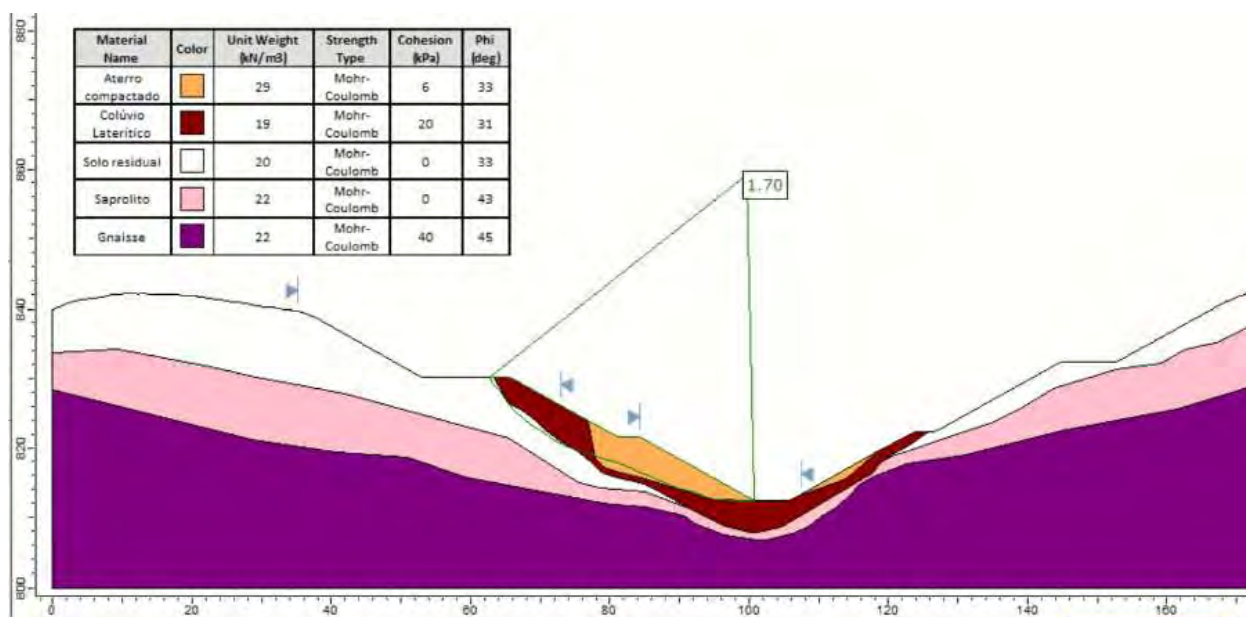


Figura 4-18 – Seção B-B – Condição Normal (Talude da ombreira direita) – Superfície não circular – FS = 1,70.

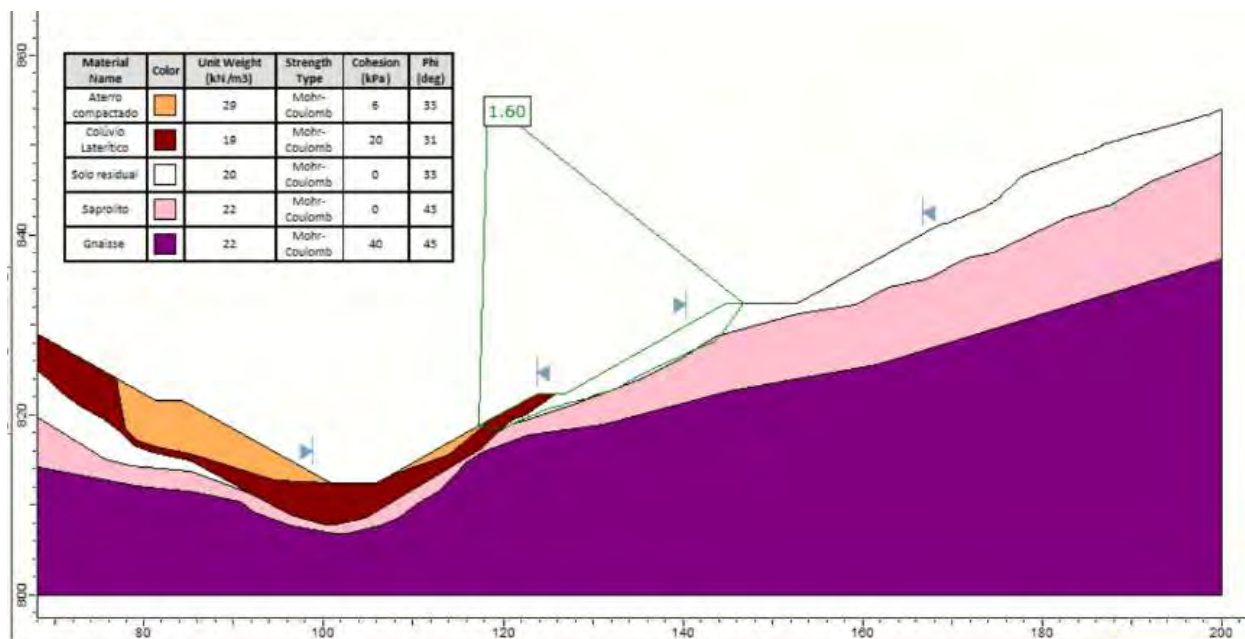


Figura 4-19 – Seção B-B – Condição Normal (Talude da ombreira esquerda) – Superfície não circular – FS = 1,60.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 50/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.3.2.2 Estudos Hidráulicos

O Canal Natural desenvolve-se desde o ponto mais a montante, início do reservatório atual até a jusante da barragem, onde termina o talude atual, vencendo um desnível de aproximadamente 15 m, conforme Figura 4-20.



Figura 4-20– Seção A-A – Seção Longitudinal.

Com auxílio do software SISCCOH 1.1, foi possível calcular as velocidades no canal natural, considerando fundo regularizado após a remoção total da barragem e sedimentos do reservatório.

Tabela 4-18: Resultados da simulação

Dados de Entrada	
Vazão (m³/s)	15
Coeficiente de Manning	0,025
Declividade (m/m)	0,035
Largura inferior (m)	15
Inclinação lateral (h/v)	1,5
Resultados	
Área molhada (m²)	4,61
Coeficiente de Manning	0,025
Largura superior (m)	15.895
Número de Froude	1.929
Profundidade do fluxo (m)	0,298
Velocidade (m/s)	3.254

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 51/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

A tabela 4-18 apresentou um resumo das simulações que resultou em velocidade que excede o limite para canal em solo, sendo recomendado tratamento para proteção do fundo da calha. Para a determinação das dimensões características do enrocamento (D50) e a verificação da sua estabilidade hidráulica foi realizada segundo metodologia apresentada a seguir. O diâmetro D50 dos blocos de enrocamento foi dimensionado considerando a metodologia indicada em “Corps of Engineers, Hydraulic Design Criteria, 1977, Chart 712/1”, conforme formulação a seguir:

$$D_{50} = \frac{v^2}{C^2} \times \frac{1}{2g \times \left(\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \right)}$$

Onde,

V = velocidade do fluxo (ft/s)

C = Constante Izbash (0,86 para alta turbulência e 1,20 para baixa turbulência)

γ_s = Peso específico da rocha – gnaisse (164.81 lb/ft³)

γ_w = Peso específico da água (62.5 lb/ft³)

Foi dimensionado proteção com enrocamento, conforme Tabela 4-19 abaixo, sendo possível ainda considerar proteção com geomanta ou colchão reno.

Tabela 4-19: Cálculo do D50

Velocidade	C	Peso esp. Água	Gravidade	Diâmetro (D50)	D50 adotado
m/s	Alta turbulência	lb/ft ³	ft/s ²	m	m
3,254	0,86	62,5	32,19	0,45	0,45

4.3.2.3 Quantitativos da Alternativa

As estruturas e serviços necessários a implantação do arranjo da Alternativa 1 foram quantificadas a partir dos estudos e arranjos finais apresentados no desenho 1850JJ-X-31267.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 52/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Os principais quantitativos levantados encontram-se apresentados na Tabela 4-20, a seguir:

Tabela 4-20: Tabela de Quantidades

Estrutura	Quantidade
Volume remoção Maciço (m ³)	17.914
Volume remoção Reservatório (m ³)	14.730
Volume remoção de concreto (m ³)	5
Volume dos blocos de proteção fundo da calha (m ³)	2.900
Volume de Escavação regularização das ombreiras (m ³)	16.983
Supressão Vegetal (m ²)	3.632
Revegetação da área de remoção total (m ²)	3.766

4.3.3 Alternativa 2

A Alternativa 2 contempla: (i) remoção parcial do maciço até a barragem atingir 10 metros de altura; (ii) retirada total do extravasor; (iii) implantação de um talude a jusante de blocos (Enrocamento com inclinação de 1V:5H) de forma a tornar a estrutura “galgável”.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 53/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.3.3.1 Estudos geotécnico

4.3.3.1.1 Seção de Análise

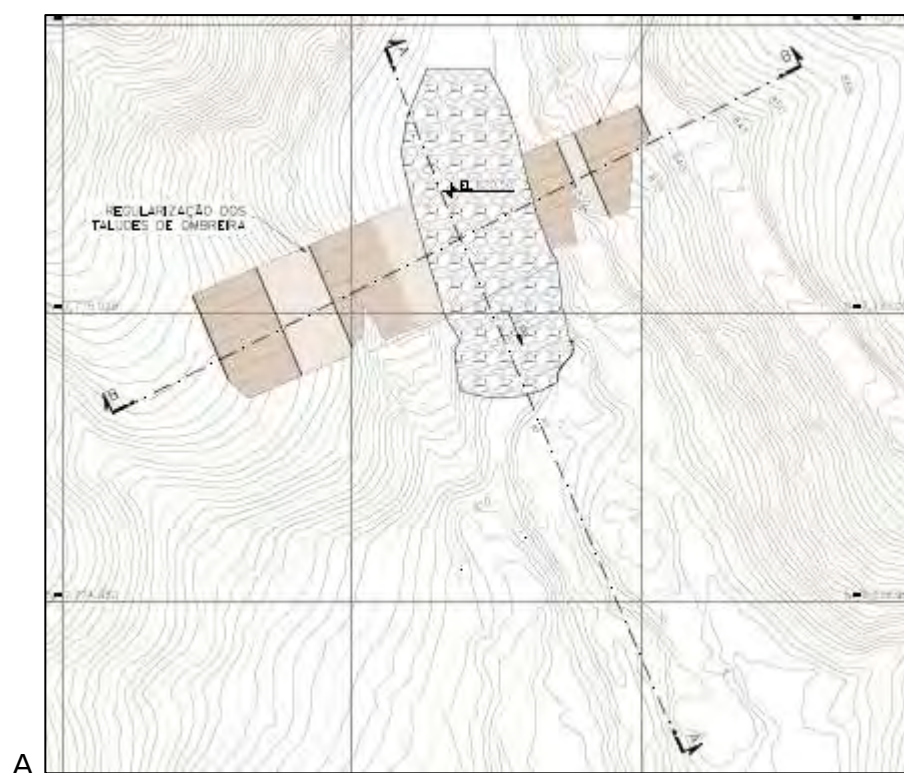


Figura 4-21 apresenta planta da área onde será removido parcialmente o maciço da Barragem Menezes I com locação da seção A-A e da seção B-B a ser analisada. A geometria da seção transversal A-A utilizada para proceder as análises de estabilidade é apresentada na Figura 4-22. A seção foi definida por se tratar da mais crítica em termos de estratigrafia, geometria dos taludes e altura total. A geometria da seção longitudinal B-B utilizada para proceder as análises de estabilidade é apresentada na Figura 4-23. A seção foi definida por se tratar da mais representativa em termos de remoção total do maciço da barragem no que tange a estabilidade dos taludes de ombreira.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 54/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

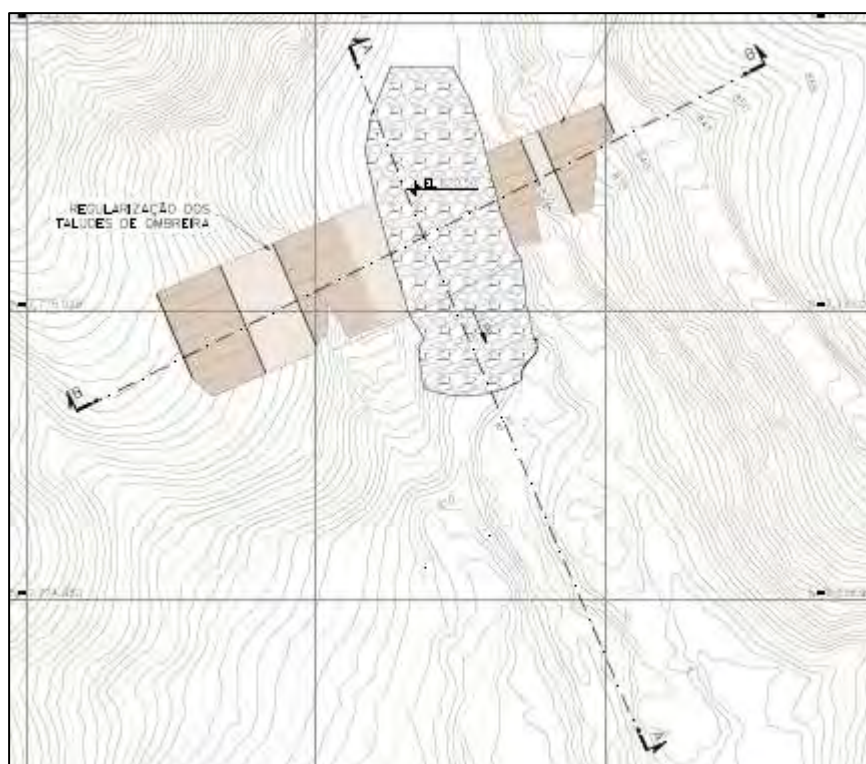


Figura 4-21 – Planta de locação da Seção A-A e B-B para análises de estabilidade.

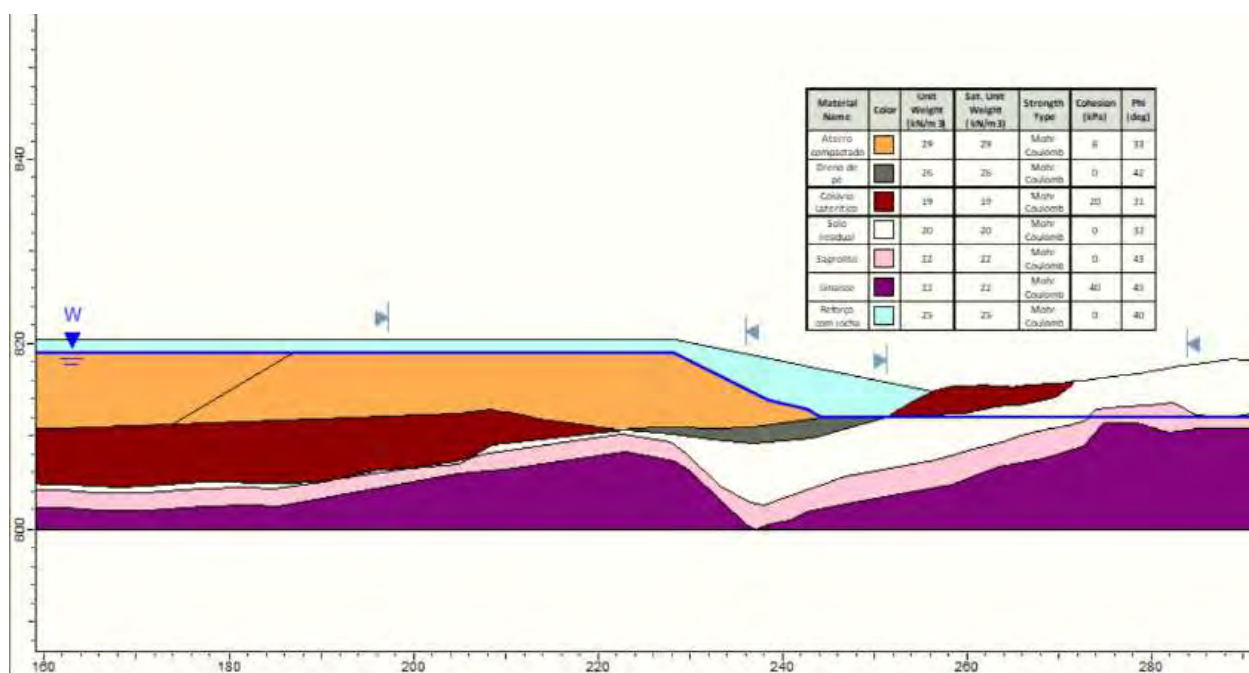


Figura 4-22 – Seção A-A – Seção transversal utilizada nas análises de estabilidade.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 55/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

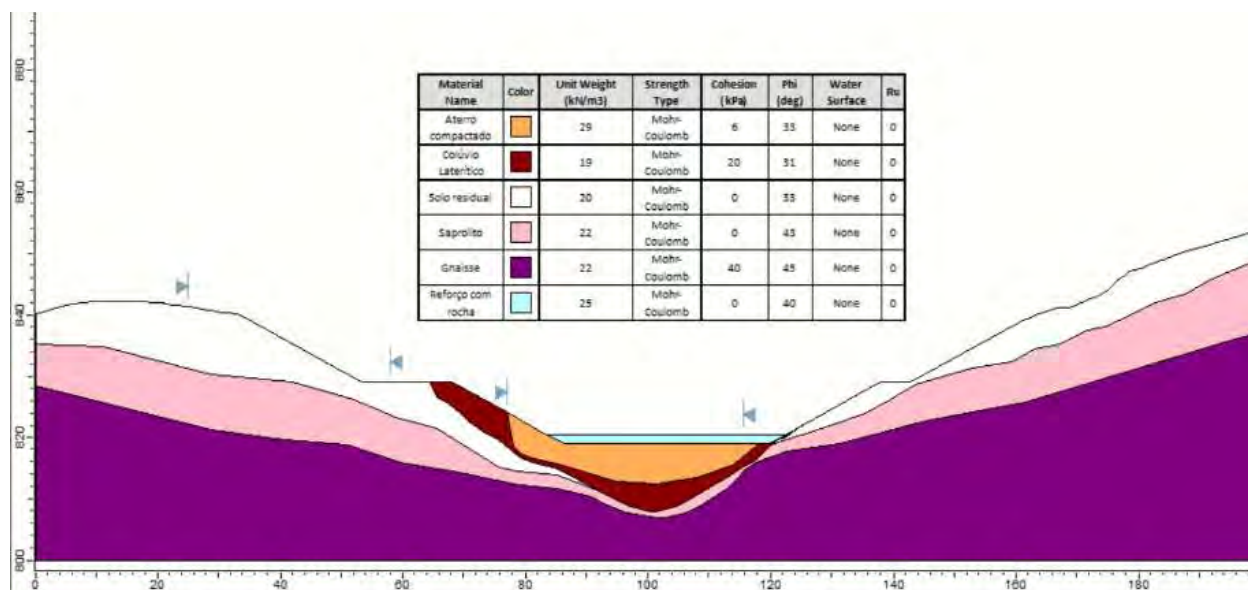


Figura 4-23 – Seção B-B – Seção longitudinal utilizada nas análises de estabilidade.

4.3.3.1.2 Resultados das Análises

A

Tabela 4-21 seguir apresenta um resumo dos fatores de segurança obtidos em cada uma das análises de estabilidade da Barragem Menezes I.

Tabela 4-21 – Resumo dos resultados das análises de estabilidade.

Fatores de Segurança Obtidos	
Cenários de Análise (Estrutura descaracterizada)	Seção A - A
Normal	3,64
Não Drenada	1,99
Pseudo-Estática (Drenado)	2,95
Cenários de Análise (Ombreiras)	Seção B - B
Normal (Talude da ombreira direita)	1,84
Normal (Talude da ombreira esquerda)	1,53

A seguir, apresentam-se as figuras contendo as saídas do programa de cálculo com as análises de estabilidade.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 56/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

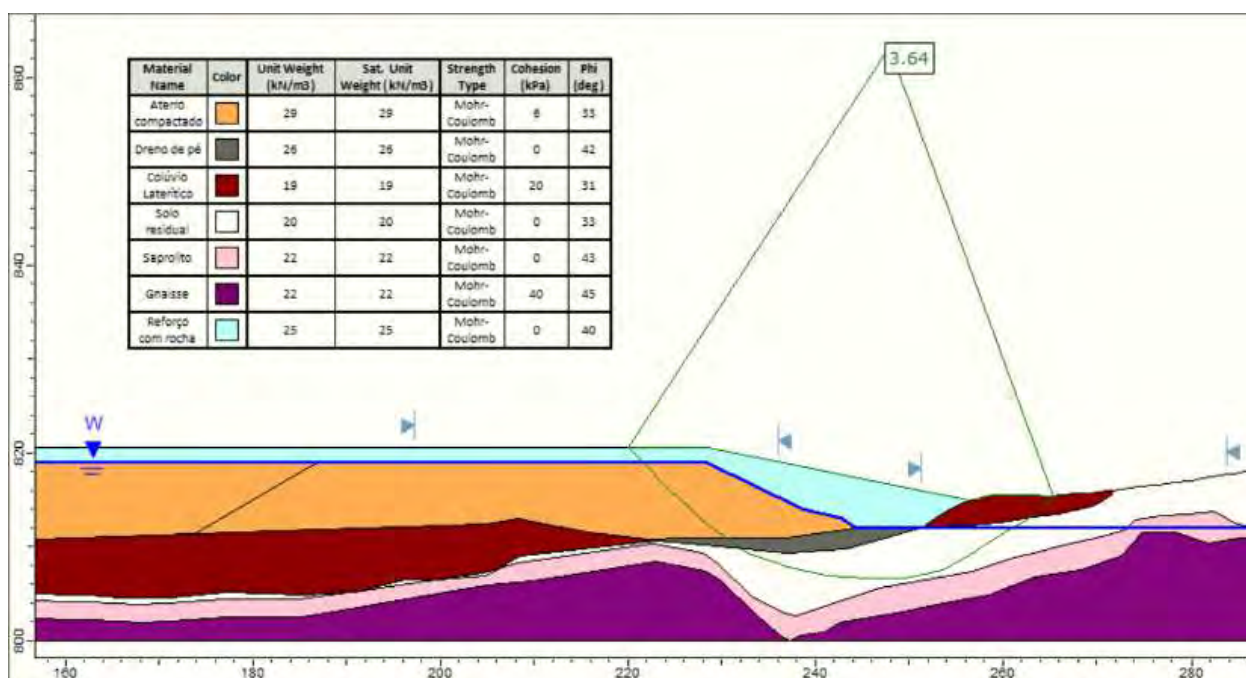


Figura 4-24 – Seção A-A – Condição Normal – Superfície não circular – FS = 3,64.

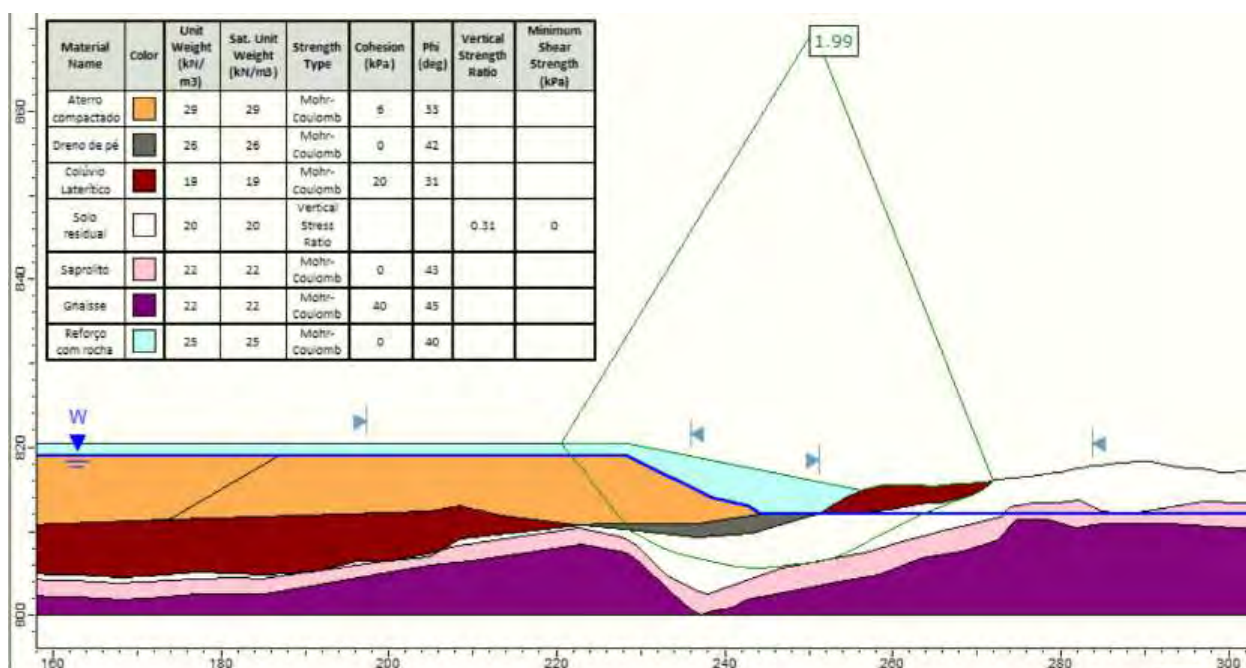


Figura 4-25 – Seção A-A – Condição Não Drenada – Superfície não circular – FS = 1,99.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 57/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

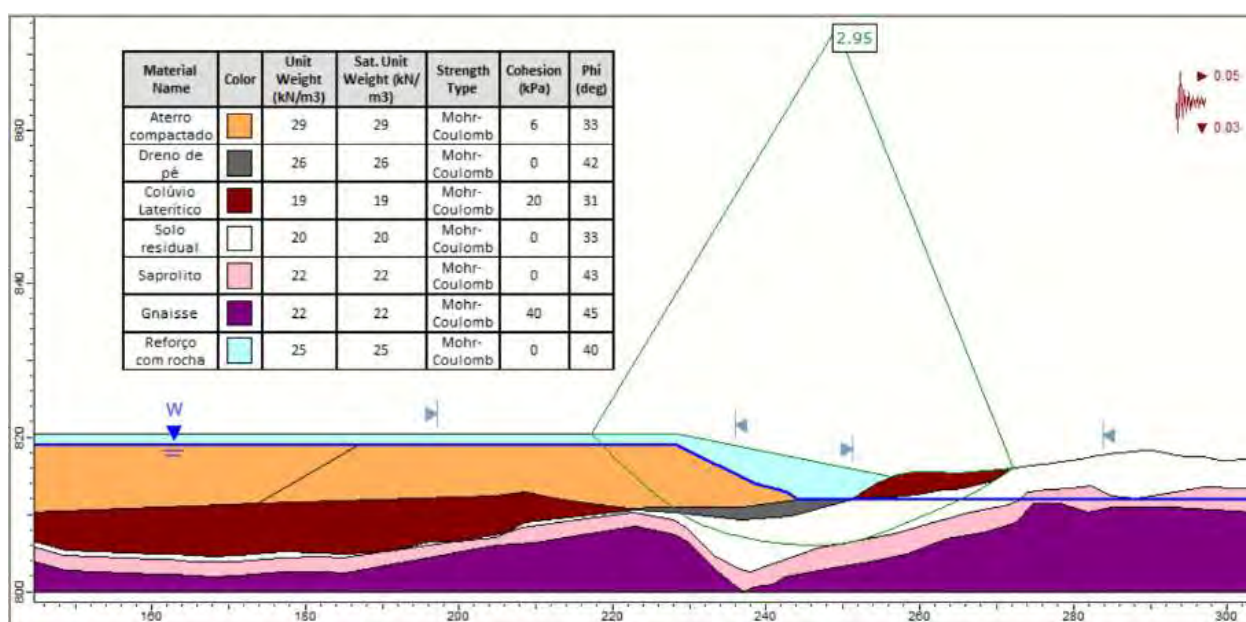


Figura 4-26 – Seção A-A – Condição Pseudo-Estática (Solo residual drenado) – Superfície não circular – FS = 2,95.

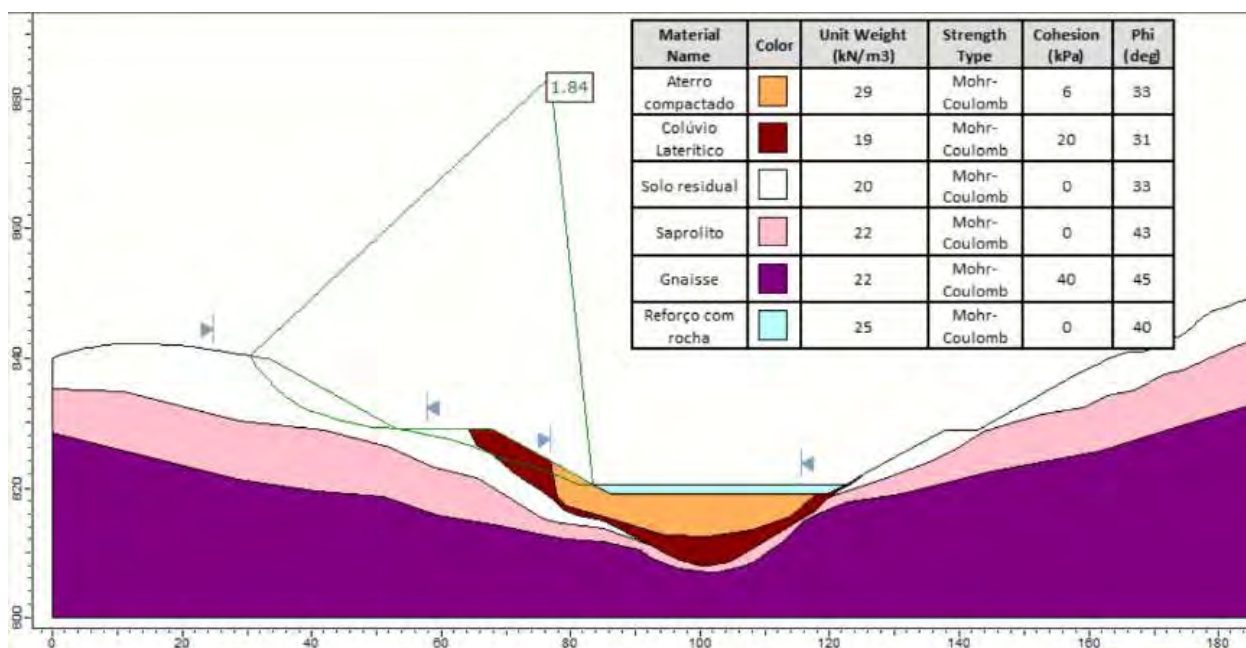


Figura 4-27 – Seção B-B – Condição Normal (Talude da ombreira direita) – Superfície não circular – FS = 1,84.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 58/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

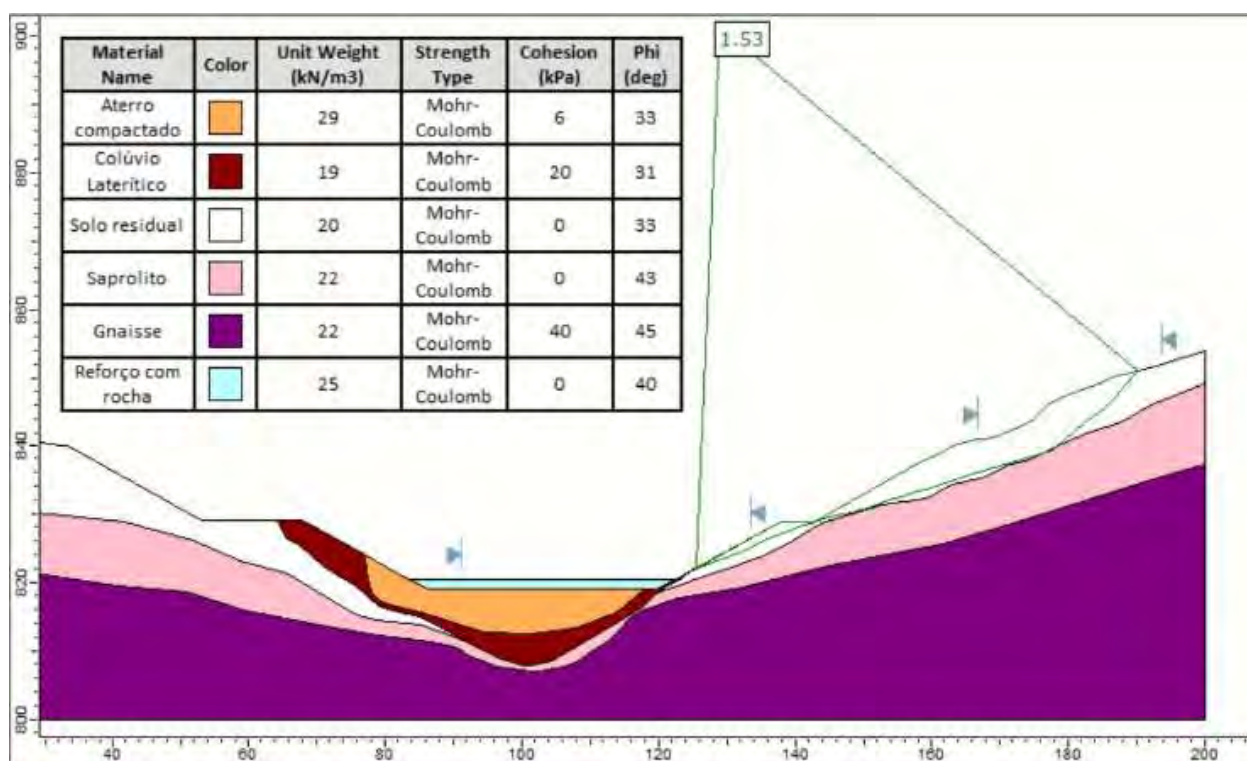


Figura 4-28 – Seção B-B – Condição Normal (Talude da ombreira esquerda) – Superfície não circular – FS = 1,53.

4.3.3.2 Estudos Hidráulicos

Com a remoção parcial do maciço e dos sedimentos do reservatório, foram verificadas as condições hidráulicas para a nova configuração do canal, formado sobre os sedimentos, e do talude de jusante do maciço.

Com auxílio do software SISCCOH foi possível verificar as velocidades no trecho de montante quanto na crista e talude de jusante do maciço.

- Trecho a montante:

Foi possível configurar o canal a montante com declividade suave, aproximadamente 0,001m/m.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 59/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Tabela 4-22: Resultados da simulação no SISCCOH

Dados de Entrada	
Vazão (m³/s)	15
Coeficiente de Manning	0,035
Declividade (m/m)	0,001
Largura inferior (m)	15
Inclinação lateral (h/v)	1,5
Resultados	
Área molhada (m²)	17
Largura superior (m)	18
Número de Froude	0,28
Profundidade do fluxo (m)	1,05
Velocidade (m/s)	0,86

O diâmetro D50 dos blocos de enrocamento foi dimensionado considerando a metodologia indicada em “Corps of Engineers, Hydraulic Design Criteria, 1977, Chart 712/1”.

Tabela 4-23: Dimensionamento D50

Velocidade	C	Peso esp. Água	Gravidade	Diâmetro (D50)	D50 adotado
m/s	Baixa turbulência	lb/ft³	ft/s²	m	m
1,00	1,20	62,5	32,19	0,02	0,025

- Maciço galgável e talude jusante:

Foram verificadas as velocidades sobre o maciço, com inclinação do talude lateral 1V:2H e inclinação do talude de jusante 1V:5H, conforme Tabela 4-24.

Tabela 4-24 Resultados da simulação no SISCCOH

Dados de Entrada	
Vazão (m³/s)	15
Coeficiente de Manning	0,035
Declividade (m/m)	0,198
Largura inferior (m)	33
Inclinação lateral (h/v)	2
Resultados	
Área molhada (m²)	4.505
Largura superior (m)	33.542
Número de Froude	2.901
Profundidade do fluxo (m)	0,135
Velocidade (m/s)	3,33

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 60/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Como as velocidades deram elevadas para solo, foi calculado proteção do talude e da crista do maciço com blocos. O diâmetro D50 dos blocos de enrocamento foi dimensionado considerando a metodologia indicada em “Corps of Engineers, Hydraulic Design Criteria, 1977, Chart 712/1”.

Tabela 4-25 - Dimensionamento do D50

Velocidade	C	Peso esp. Água	Gravidade	Diâmetro (D50)	D50 adotado
m/s	Alta turbulência	lb/ft ³	ft/s ²	m	m
3,33	0,86	62,5	32,19	0,47	0,50

4.3.3.3 Quantitativos da Alternativa

As estruturas e serviços necessários a implantação do arranjo da Alternativa 2 foram quantificadas a partir dos estudos e arranjos finais apresentados no desenho 1850JJ-X-31267.

Os principais quantitativos levantados encontram-se apresentados na Tabela 4-26, a seguir:

Tabela 4-26: Tabela de Quantidades

Estrutura	Quantidade
Volume remoção Maciço (m ³)	11.222
Volume remoção Reservatório (m ³)	9.228
Volume remoção de concreto (m ³)	5
Volume do Maciço remanescente (m ³)	20.450
Volume dos blocos de enrocamento talude de jusante (m ³)	2.900
Volume de Escavação regularização das ombreiras (m ³)	14.452
Supressão Vegetal (m ²)	4.871
Revegetação da área de remoção total (m ²)	4.209

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 61/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.3.4 Alternativa 3

A Alternativa 3 contempla: (i) Remoção Parcial do maciço da barragem, idem a alternativa 2; (ii) remoção do extravasor de concreto e substituição por um canal de drenagem.

4.3.4.1 Estudos geotécnicos

4.3.4.1.1 Seção de Análise

A Figura 4-29 apresenta planta da área onde será removido parcialmente o maciço da Barragem Menezes I com locação da seção A-A e da seção B-B a ser analisada. A geometria da seção transversal A-A utilizada para proceder as análises de estabilidade é apresentada na Figura 4-30. A seção foi definida por se tratar da mais crítica em termos de estratigrafia, geometria dos taludes e altura total. A geometria da seção longitudinal B-B utilizada para proceder as análises de estabilidade é apresentada na Figura 4-31. A seção foi definida por se tratar da mais crítica em termos de remoção total do maciço da barragem.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 62/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

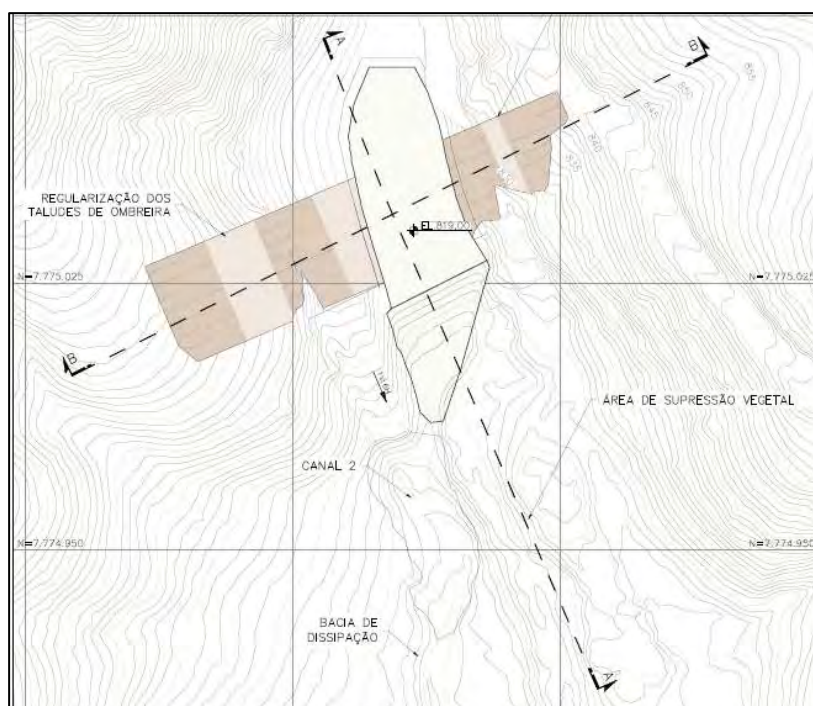


Figura 4-29 – Planta de locação da Seção A-A e B-B para análises de estabilidade.

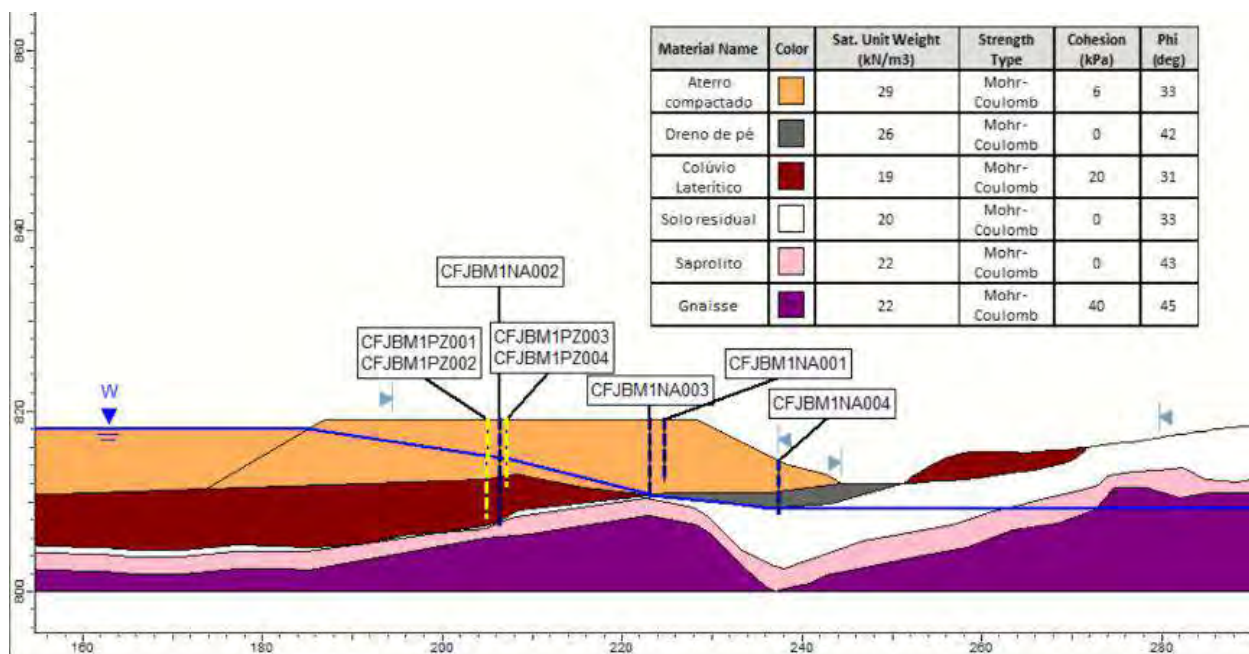


Figura 4-30 – Seção A-A – Seção transversal utilizada nas análises de estabilidade.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 63/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

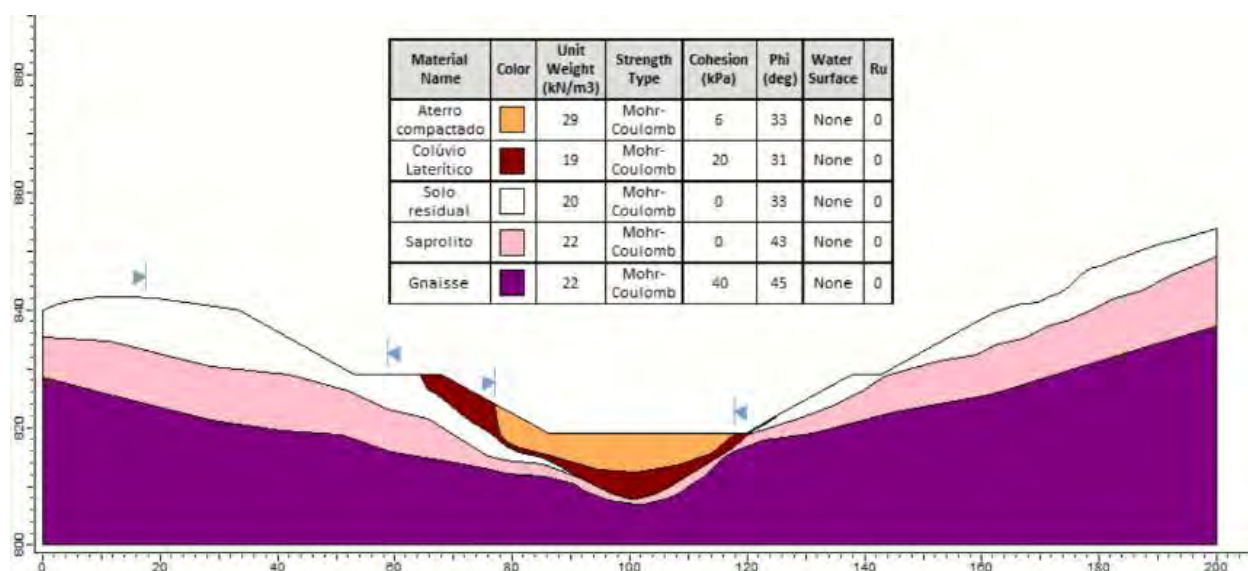


Figura 4-31 – Seção B-B – Seção longitudinal utilizada nas análises de estabilidade.

4.3.4.1.2 Resultados das Análises

A Tabela 4-27 seguir apresenta um resumo dos fatores de segurança obtidos em cada uma das análises de estabilidade da Barragem Menezes I.

Tabela 4-27 – Resumo dos resultados das análises de estabilidade.

Fatores de Segurança Obtidos	
Cenários de Análise (Estrutura descaracterizada)	Seção A - A
Normal	2,50
Não Drenada	1,48
Pseudo-Estática (Drenado)	2,19
Condição	Seção B-B
Normal (Talude da ombreira direita)	1,79
Normal (Talude da ombreira esquerda)	1,53

A seguir, apresenta-se as figuras contendo as saídas do programa de cálculo com as análises de estabilidade.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 64/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

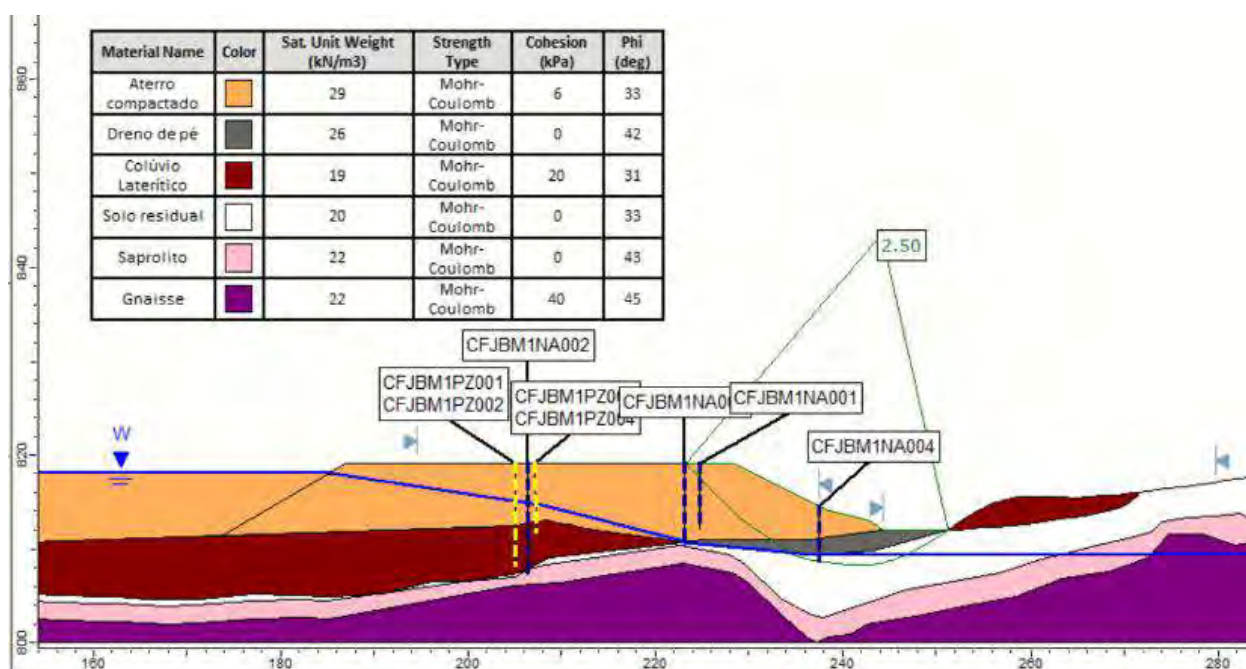


Figura 4-32 – Seção A-A – Condição Normal – Superfície não circular – FS = 2,50.

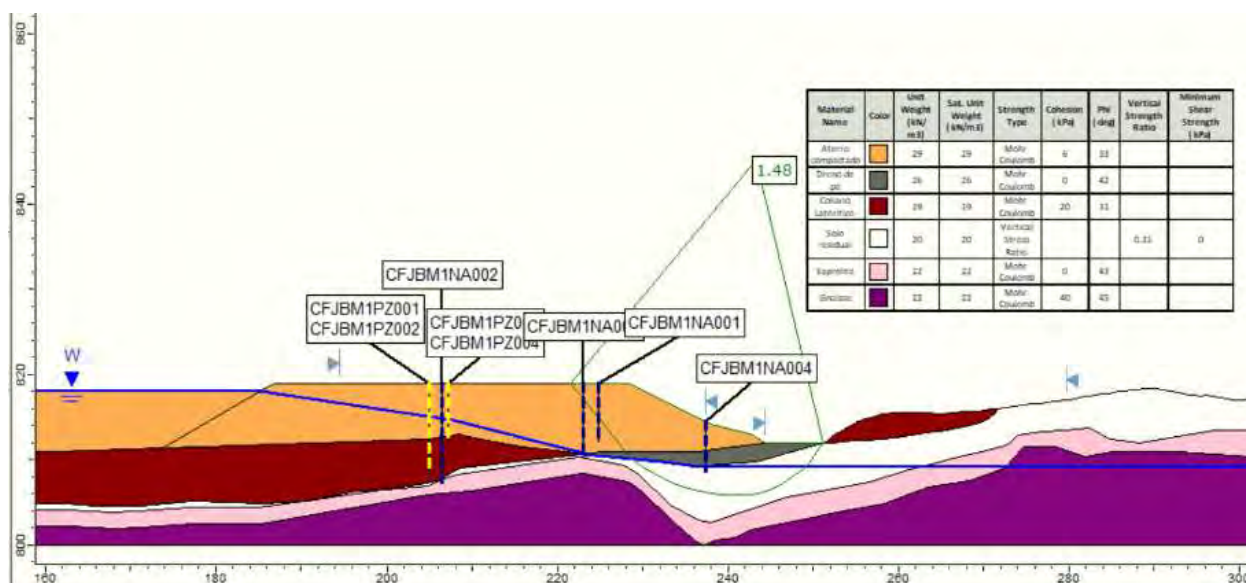


Figura 4-33 – Seção A-A – Condição Não Drenada – Superfície não circular – FS = 1,48.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 65/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

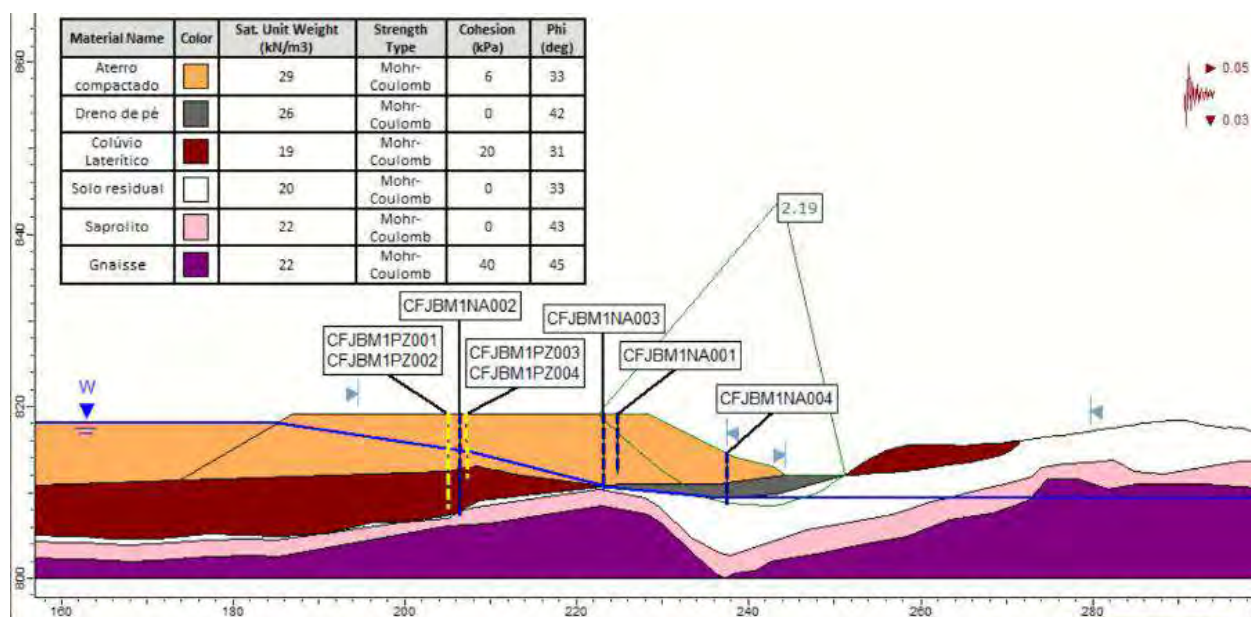


Figura 4-34 – Seção A-A – Condição Pseudo-Estática (Solo residual drenado) – Superfície não circular – FS = 2,19.

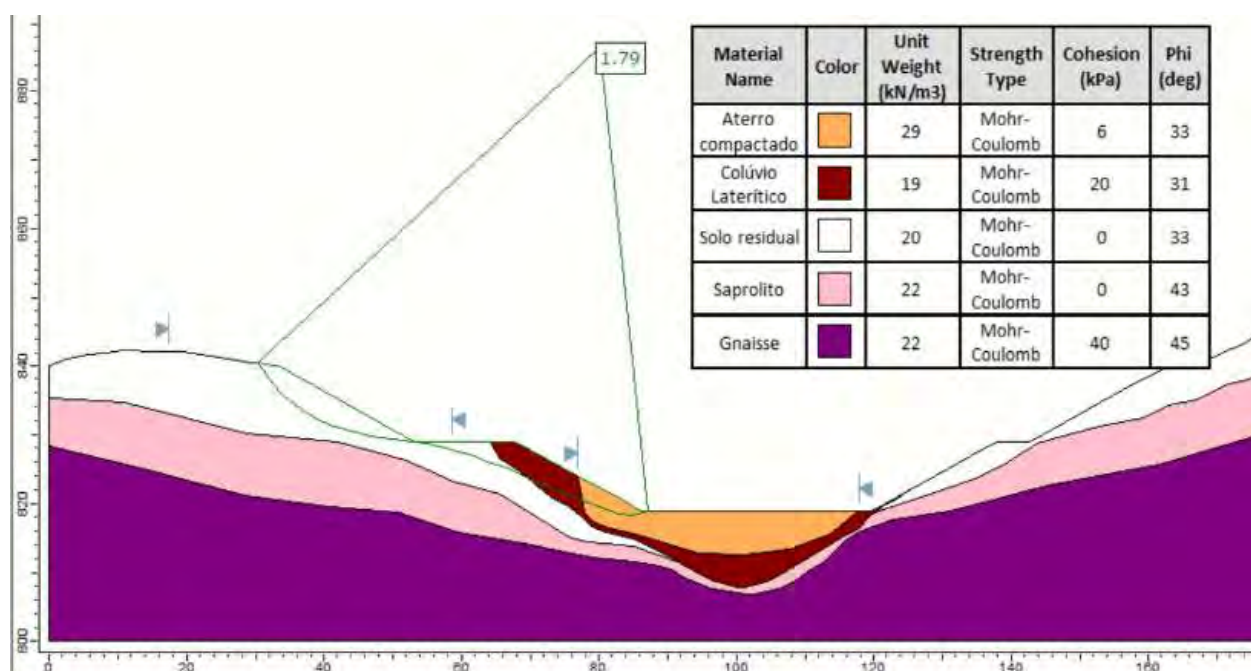


Figura 4-35 – Seção B-B – Condição Normal (Talude da ombreira direita)– Superfície não circular – FS = 1,79.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 66/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

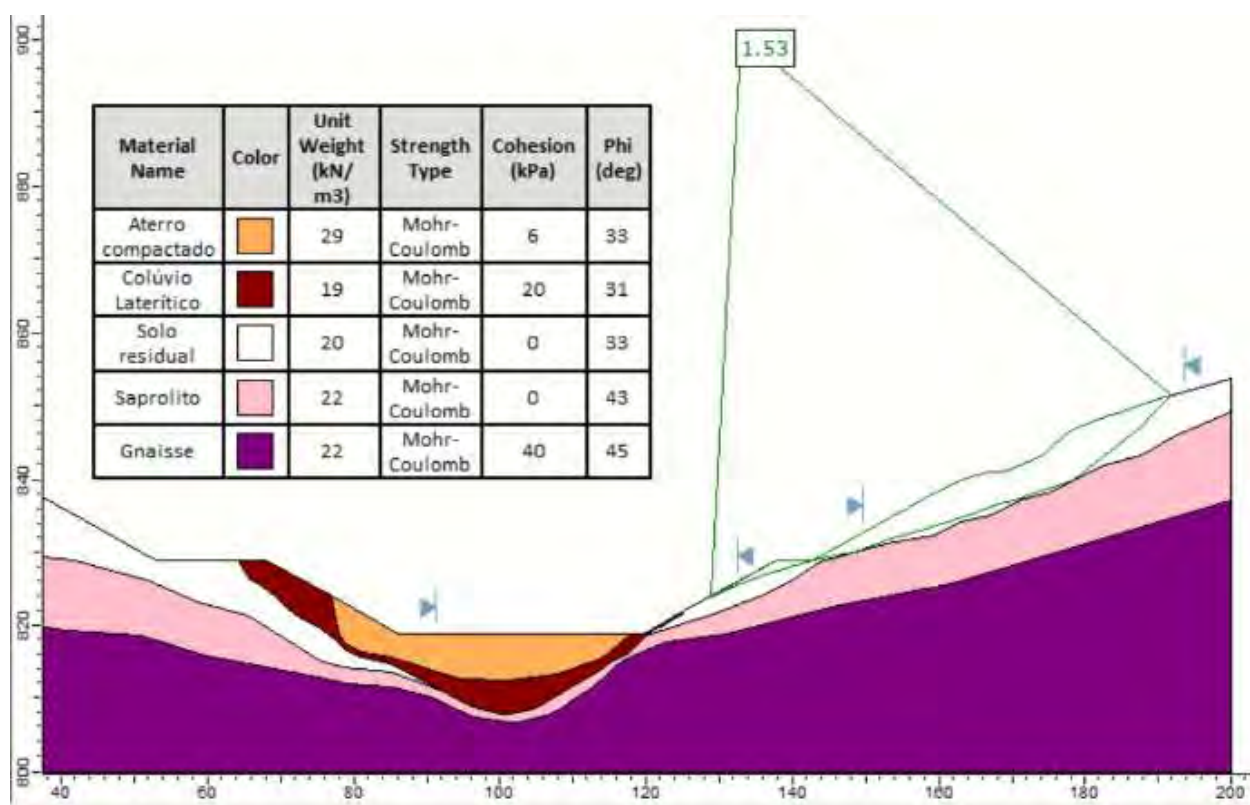


Figura 4-36 – Seção B-B – Condição Normal (Talude da ombreira esquerda) – Superfície não circular – FS = 1,53.

4.3.4.2 Estudos Hidráulicos

Foram dimensionados para a Alternativa 3 dois canais, um a montante, em solo, desenvolvido na parte central da calha evitando impactos nos taludes das ombreiras, que direcionará o fluxo do talvegue existente, desde o ponto mais a montante do reservatório atual até o maciço remanescente, e outro com seção em enrocamento para conduzir a vazão para jusante.

Com auxílio do software SISCCOH foi possível definir as características da nova geometria do canal de montante e do canal com declividade para jusante.

Tabela 4-28 Resultados da simulação no SISCCOH

Dados de Entrada	
Vazão (m³/s)	15

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 67/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Coeficiente de Manning	0,035
Declividade (m/m)	0,001
Largura inferior (m)	10
Inclinação lateral (h/v)	1,5
Resultados	
Área molhada (m²)	15,842
Largura superior (m)	13,966
Número de Froude	0,284
Profundidade do fluxo (m)	1,322
Velocidade (m/s)	0,947

A transição entre as seções dos canais será com contração lateral gradual, 4:1, o que elevará o N.A em 0,1 m no início do segundo canal.

- Canal de drenagem com blocos

Para condução do fluxo para jusante, foi dimensionado um canal de drenagem em enrocamento, na ombreira direita, 1V:6H e com cota de fundo na El. 817,00 m.

Tabela 4-29 - Resultados da simulação

Dados de Entrada	
Vazão de Projeto - Qp (m³/s)	15
Largura Inferior - b (m)	5
Inclinação Lateral - Z (h/v)	1,5
Declividade - I (m/m)	0,169
Coeficiente de Uniformidade - Cu	2,12
Resultados	
Largura Inferior - b (m)	5
Coeficiente de Manning Associado ao D50 - n	0,0617
Profundidade Normal - y (m)	0,606
Profundidade Final - y (m)	0,706
Velocidade de Escoamento - U (m/s)	4,19
Largura Superior do Escoamento - B (m)	6,82

O diâmetro D50 dos blocos de enrocamento foi dimensionado considerando a metodologia indicada em “Corps of Engineers, Hydraulic Design Criteria, 1977, Chart 712/1”.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 68/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

Tabela 4-30 - Dimensionamento do D50

Velocidade	C	Peso esp. Água	Gravidade	Diâmetro (D50)	D50 adotado
m/s	Alta turbulência	lb/ft ³	ft/s ²	m	m
4,19	0,86	62,5	32,19	0,75	0,75

- Bacia de Dissipação

Para o cálculo do Raio de Concordância com a Bacia de dissipação utilizou-se os seguintes critérios:

Critério 1 - Grishin - Obras Hidráulicas (1979) → $R \geq 0,25 * (H_d + Z_{\max})$

Critério 2 - (Small Dams - Burec, 1977) → $R \geq 0.5 H_d$

Tabela 4-31 – Raio de Concordância

Hcr (m) =	0,945
NA jus (m)	812,95
Zmax = Na máx - NA jus (m)	4,55
Raio Calculado (m)	3,89
Raio Adotado (m)	3,90
R ≥ 0.5 Hd	
R ≥ (m)	0,50

Para o dimensionamento da Bacia de Dissipação, inicialmente verificou-se o diâmetro do bloco pela equação de Izbach (Richardson et al., 1990), o que resultou em um D50 igual a 0,50 m:

$$D50 = 0,68U^2 / g^* \gamma^{1/2}$$

Onde:

U – velocidade média do escoamento (m/s)

g – aceleração da gravidade (m/s²);

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 69/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

γ_1 – Peso específico do material rochoso (Nm^{-3});

γ_2 – Peso específico da água (Nm^{-3}).

No cálculo da geometria da bacia, considerou-se a metodologia de Adot (2001), onde a largura da bacia é igual a 4*Largura de fundo do canal, ou seja, $L_1 = 4*5 = 20$ m. E o comprimento da bacia é igual 6*Largura de fundo do canal, ou seja, $L_2 = 6*5 = 30$ m.

4.3.4.3 Quantitativos da Alternativa

As estruturas e serviços necessários a implantação do arranjo da Alternativa 3 foram quantificadas a partir dos estudos e arranjos finais apresentados no desenho 1850JJ-X-31267.

Os principais quantitativos levantados encontram-se apresentados na Tabela 4-32, a seguir:

Tabela 4-32: Tabela de Quantidades

Estrutura	Quantidade
Volume remoção Maciço (m^3)	11.222
Volume remoção Reservatório (m^3)	9.228
Volume remoção de concreto (m^3)	5
Volume do Maciço remanescente (m^3)	20.450
Volume de Escavação – canal a montante (m^3)	2.714
Volume de Escavação – canal para jusante (m^3)	2.125
Volume de Escavação regularização das ombreiras (m^3)	14.452
Supressão Vegetal (m^2)	6.399
Revegetação da área de remoção total (m^2)	4.579

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 70/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

4.4 PLANO DE INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS COMPLEMENTARES

A partir da interpretação das informações geológico-geotécnicas disponibilizadas pela Vale, a BVP (2020) elaborou um plano de investigações geológico-geotécnicas para a Barragem de Menezes I (ref. 1850JJ-X-31266) mostrada na Figura 4-4-37, e uma especificação técnica (ref. ET-1850JJ-X-00021).

Para esse plano de investigações foram programadas 3 sondagens mistas, 2 sondagens a percussão e 1 poço de inspeção para amostragem, porém considera-se que este plano deverá ser ajustado para melhor se adequar as necessidades da alternativa escolhida. Cabe ressaltar, que dependendo da alternativa selecionada, este plano de investigação poderá ser mais otimizado ou detalhado.

Também é previsto para a fase de Projeto Básico um mapeamento geológico-geotécnico da BVP, sendo este realizado de modo a confirmar os materiais aflorantes principalmente nas regiões das ombreiras, tendo em vista que o Relatório de Visita Técnica da BVP (2020) (ref. RL-1850JJ-X-31169) apresentou descrição de materiais coluvionares na Ombreira Esquerda, enquanto o Mapa Geológico-Geotécnico da Tetra Tech (2020) (ref. 1850JJ-X-31212) apresenta solo residual de gnaiss nessa região.

		CLASSIFICAÇÃO Restrita	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS			Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 71/74
			Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

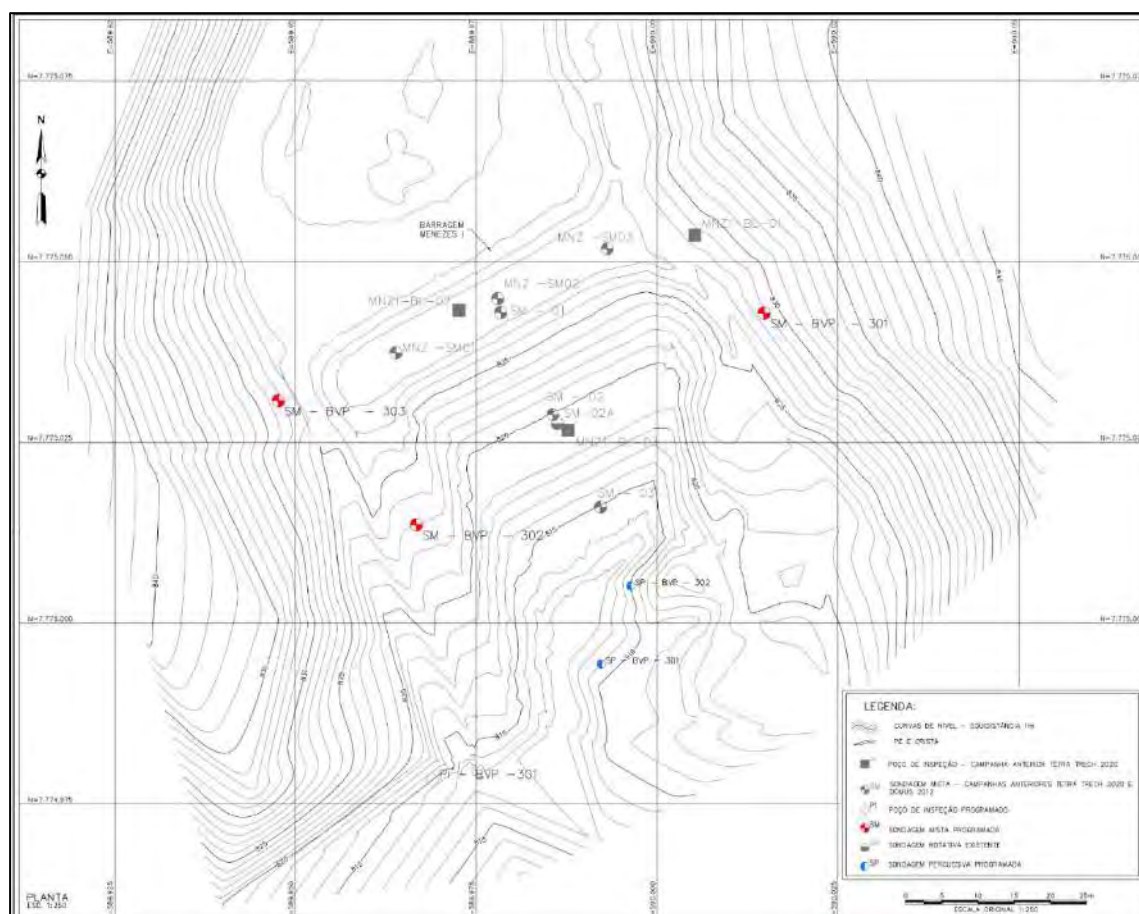


Figura 4-37: Locação das Investigações programadas (documento 18114-077B-T-GT-DE-0007).

		DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS	Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 71/74	
	Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1	

5 MATRIZ DE VANTAGENS E DESVANTAGENS

Alternativa	Vantagens	Desvantagens
1	Reintegração total ao ambiente natural	Local para deposição do volume retirado.
	Remoção total dos sedimentos e rejeito	Custo da instalação de dispositivos para redução da velocidade do fluxo no canal natural.
	Baixo risco hidrológico comparado as alternativas 2 e 3	Área de Supressão
	Dispositivos para redução da velocidade do fluxo no canal natural ambientalmente sustentável	
	Baixo risco Geológico-geotécnico comparado as alternativas 2 e 3	
2	Menor volume de remoção de sedimentos e rejeito em relação a alternativa 1	Local para deposição do volume retirado.
	Baixo risco hidrológico com a soleira galgável comparado a alternativa 3	Execução do maciço/talude jusante com blocos para proteção do talude e possibilitando a soleira galgável
	Baixo risco Geológico-geotécnico comparado a alternativa 3	Área de Supressão
3	Menor volume de remoção de sedimentos e rejeito	Local para deposição do volume retirado
	Menor área para deposição do volume retirado em relação a alternativa 1	Construção de um novo canal de drenagem
		Risco hidrológico inerente ao novo canal de drenagem
		Área de Supressão

		DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS		Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 72/74
		Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1

6 ANÁLISE DE RISCO

A partir da matriz de avaliação de risco, pode ser estabelecida uma classificação de riscos de acordo com uma escala, variando de 1 à 5, sendo 1 associado ao risco muito baixo e 5 ao risco extremo.

Alternativa		Estrutura	Modos de Falha	Efeito/Consequência	Risco
1	Segurança Geológica-geotécnica	Taludes da ombreira direita e esquerda	Instabilidade do talude e Falta de proteção superficial	Ruptura dos taludes e/ou processos erosivos	3
		Maciço	Não se aplica	Não se aplica	1
		Dreno de fundo	Não se aplica	Não se aplica	1
	Segurança Hidrológica	Canal natural	Vazões para eventos de cheia extremo	Sobrelevação do N.A e extravazamento da calha	2
				Sobrelevação do N.A e ruptura do maciço	1
	Geometria das estruturas	Canal natural	Diferença de declividade do fundo da calha	Velocidade alta do fluxo e danos a proteção do fundo do canal	2
		Maciço	Inconsistência na topografia	Super ou subestimar volumes	4
	Aspectos ambientais	Área de supressão	Necessidade de grandes áreas de supressão para descaracterização	Licenciamento ambiental	2
			Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	1
		Reservatório + maciço	Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	3
	Impacto meio biótico e uso do solo				3
	Total				23
2	Segurança Geológica-geotécnica	Taludes da ombreira direita e esquerda	Instabilidade do talude e Falta de proteção superficial	Ruptura dos taludes e/ou processos erosivos	1
		Maciço	Talude de Jusante	Surgências no pé da estrutura com o contato do terreno natural (falta de tratamento na fundação)	2
				Deslocamento de Blocos	
		Dreno de fundo	Não se aplica	Não se aplica	1
	Segurança Hidrológica	Maciço	Vazões para eventos de cheia extremo	Sobrelevação do N.A e movimentação da camada de blocos	3
				Sobrelevação do N.A e danos ao maciço	2
	Geometria das estruturas	Maciço	Talude 5H:1V	Avanço da estrutura a jusante	2
			Inconsistência na topografia	Super ou subestimar volumes	4
	Aspectos ambientais	Área de supressão	Necessidade de áreas de supressão a jusante para descaracterização	Licenciamento ambiental	2
			Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	1
		Reservatório + maciço	Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	3
	Impacto meio biótico e uso do solo				3
	Total				24
3	Segurança Geológica-geotécnica	Dreno de fundo	Ocorrência de colmatção	Problemas de funcionamento da estrutura	2
		Maciço	Instabilidade no talude	Ruptura da estrutura	2
			Falta de proteção superficial	Processos erosivos	
		Taludes da ombreira direita e esquerda	Instabilidade do talude e Falta de proteção superficial	Ruptura dos taludes e/ou processos erosivos	1
	Segurança Hidrológica	Canal de drenagem	Vazões para eventos de cheia extremo	Sobrelevação do N.A e movimentação da camada de blocos do canal	3
				Sobrelevação do N.A, transbordamento da estrutura e ruptura do maciço	5
	Geometria das estruturas	Canal de drenagem	Velocidade e declividade altas	Maior dimensão dos blocos de proteção do canal	3
		Maciço	Inconsistência na topografia	Super ou subestimar volumes	4
	Aspectos ambientais	Área de supressão	Necessidade de áreas de supressão a jusante para descaracterização	Licenciamento ambiental	2
			Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	1
		Reservatório + maciço	Revegetação e recuperação da área removida	Reintegração total ao meio natural	2
	Impacto meio biótico e uso do solo				2
	Total				27

		DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978-F2	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM BARRAGEM MENEZES I RELATORIO DE ALTERNATIVAS	Nº VALE RL-1850JJ-X-31171	PÁGINA 74/74	
	Nº (CONTRATADA) 18114-077B-1-GE-RT-0015	REV. 1	

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

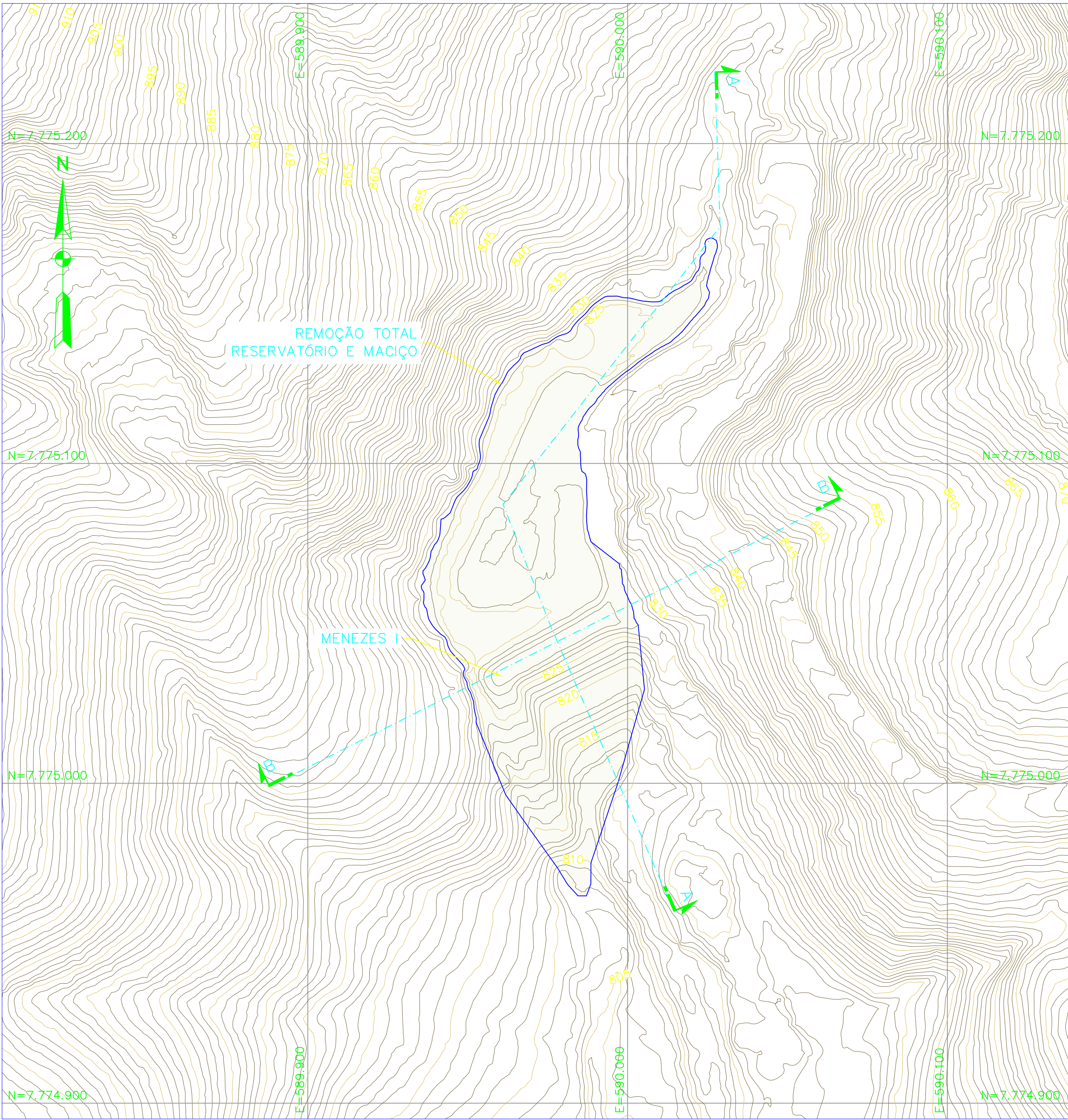
O estudo de alternativas objetivou elaborar, a partir da documentação disponibilizada e visita de campo e premissas indicadas pela Vale, três alternativas de arranjo para descaracterização da Barragem Menezes I. Recomenda-se que na próxima fase, os estudos pendentes e que melhor subsidiariam o projeto, já estejam finalizados e disponíveis.

Foi elaborada uma Matriz de Vantagens e Desvantagens e uma Matriz de Risco, para auxiliar na escolha da alternativa para a descaracterização da Barragem Menezes I.

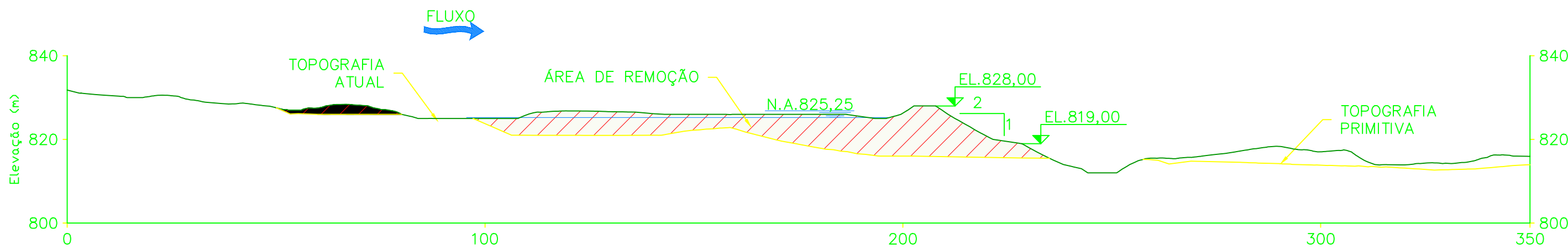
A partir da escolha da alternativa, recomenda-se a execução de campanha de investigações geotécnicas de campo e laboratório para definição/confirmação dos parâmetros geotécnicos que geraram dúvidas dos materiais dos taludes das ombreiras e da fundação ao longo do projeto de alternativas. O solo residual que se encontra na fundação da barragem deverá ser melhor estudado na próxima fase dos estudos, para confirmação dos seu comportamento não-drenado, pois estimativas a partir do ensaio SPT pode ter subestimado tais valores. Essas investigações são importantes também para determinar e estimar com maior acurácia a área e o volume de solo a ser removido nos taludes das ombreiras e do maciço da barragem.



Anexo V - Desenho 1850JJ-X-31267_Alt.1

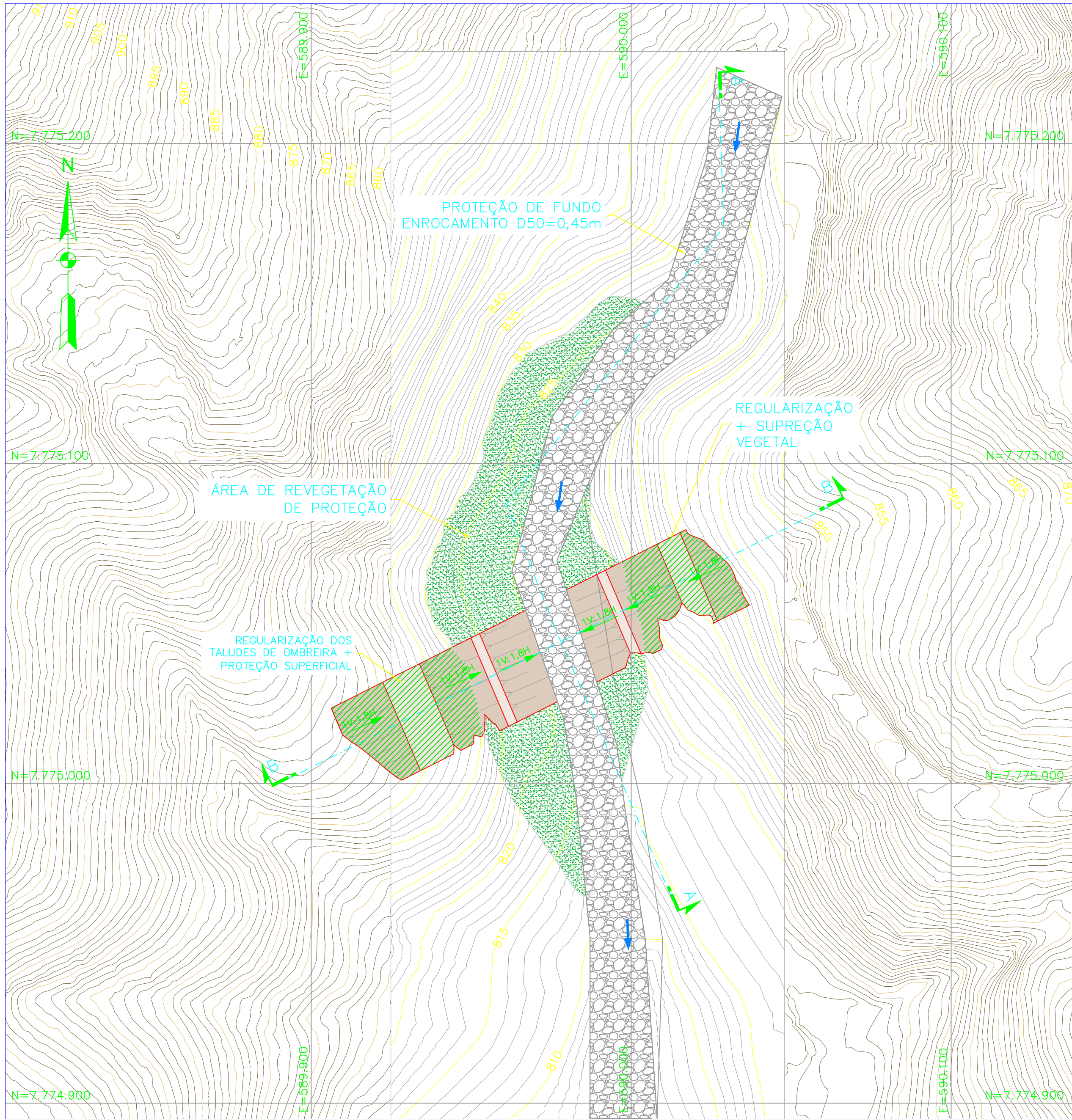


PLANTA
ESC. 1:1000

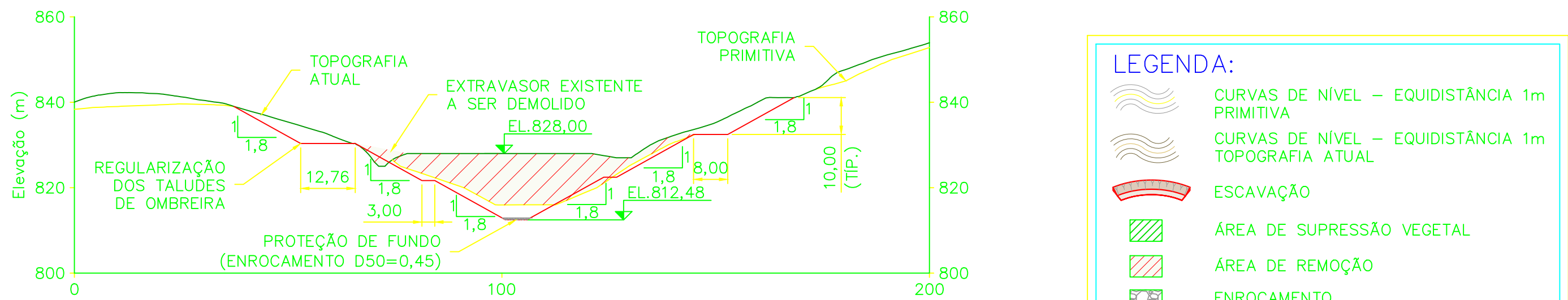


SEÇÃO A-A – REMOÇÃO TOTAL
ESC. 1:1.000

TABELA DE QUANTIDADES	
VOLUME DE REMOÇÃO TOTAL (m³)	32.644,00
VOLUME DE REMOÇÃO RESERVATÓRIO (m³)	14.730,00
VOLUME DE REMOÇÃO MACIÇO (m³)	17.914,00
VOLUME DE ENROCAMENTO (m³)	2.900,00
VOLUME DE ESCAVAÇÃO REGULARIZAÇÃO DOS TALUDES DE OMBREIRA (m³)	16.983,00
VOLUME DE REMOÇÃO DE CONCRETO – EXTRAVASOR (m³)	5,00
SUPRESSÃO VEGETAL (m²)	3.632,00
REVEGETAÇÃO DE PROTEÇÃO (m²)	3.765,63



PLANTA – MACIÇO + RESERVATÓRIO REMOVIDOS
ESC. 1:1000



SEÇÃO B-B – REMOÇÃO TOTAL
ESC. 1:1.000

LEGENDA:	
	CURVAS DE NIVEL – EQUIDISTÂNCIA 1m PRIMITIVA
	CURVAS DE NIVEL – EQUIDISTÂNCIA 1m TOPOGRAFIA ATUAL
	ESCAVAÇÃO
	ÁREA DE SUPRESSÃO VEGETAL
	ÁREA DE REMOÇÃO
	ENROCAMENTO
	REVEGETAÇÃO DE PROTEÇÃO
	REGULARIZAÇÃO
	TOPOGRAFIA ATUAL
	TOPOGRAFIA PRIMITIVA



NOTAS

1 – DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO;
2 – A(s) ESCALA(S) INDICADA(S) NESTE DESENHO REFERE(M)-SE AO FORMATO "A1".
3 – PROJEÇÃO UTM – FUSO 23S – DATUM SIRGAS2000.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

BASE TOPOGRÁFICA AS IS – TETRA TECH VER: 1850JJ–X–31210.
BASE TOPOGRÁFICA PRIMITIVA RESTITUIÇÃO FERRO–CARVAO 1966, CONVERTIDA DO SISTEMA DE COORDENADAS SAD69 PARA SIRGAS2000, CONFORME SOLICITAÇÃO VALE.
RELATÓRIO DAS ALTERNATIVAS VER: RL–1850JJ–X–31171.

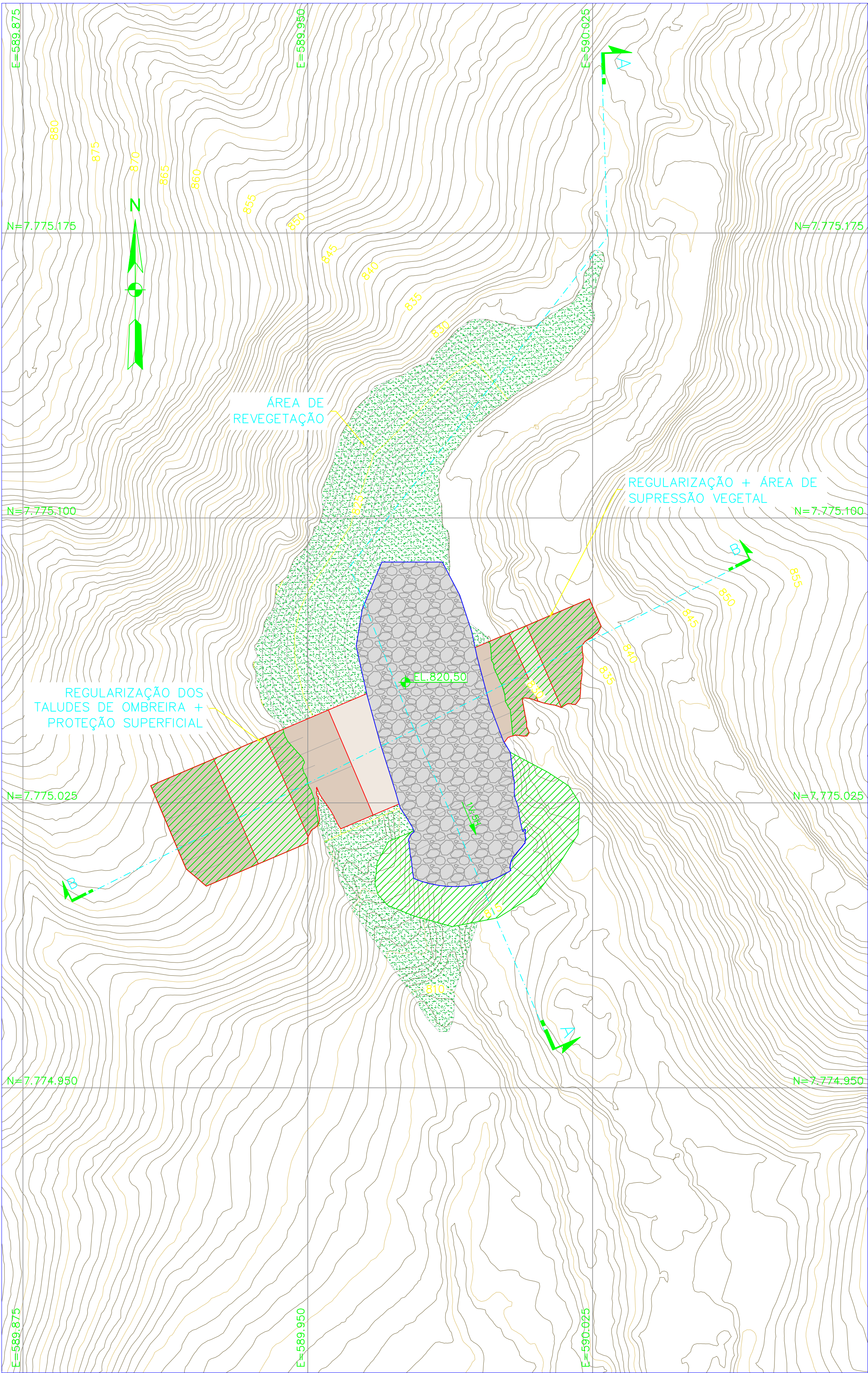
REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	C	PARA CONHECIMENTO	PMF	PMF	DMS	FAB	PRC	25/11/20
B	B	PARA APROVAÇÃO	PMF	PMF	DMS	FAB	PRC	12/11/20
A	B	EMIÇÃO INICIAL	PMF	PMF	DMS	FAB	PRC	20/10/20
REVISÕES								
T.E.	(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO				
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(H) CANCELADO				

		 Geotecnia e Hidrotecnia		CLASSIFICAÇÃO			
				RESTRITO			
PROJETO				Nº DO PROJETO	Nº DA SE		
DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I				S4978-F2	-		
PROJETO CONCEITUAL							
UTILIDADES							
BARRAGEM							
ARRANJO GERAL - PLANTA, SEÇÃO E PERFIL							
ALTERNATIVA 1							
ESCALA		Nº CONTRATADA		Nº VALE	REVISÃO		
INDICADA		18114-077B-1-GE-DE-0023		1850JJ-X-31267	0		

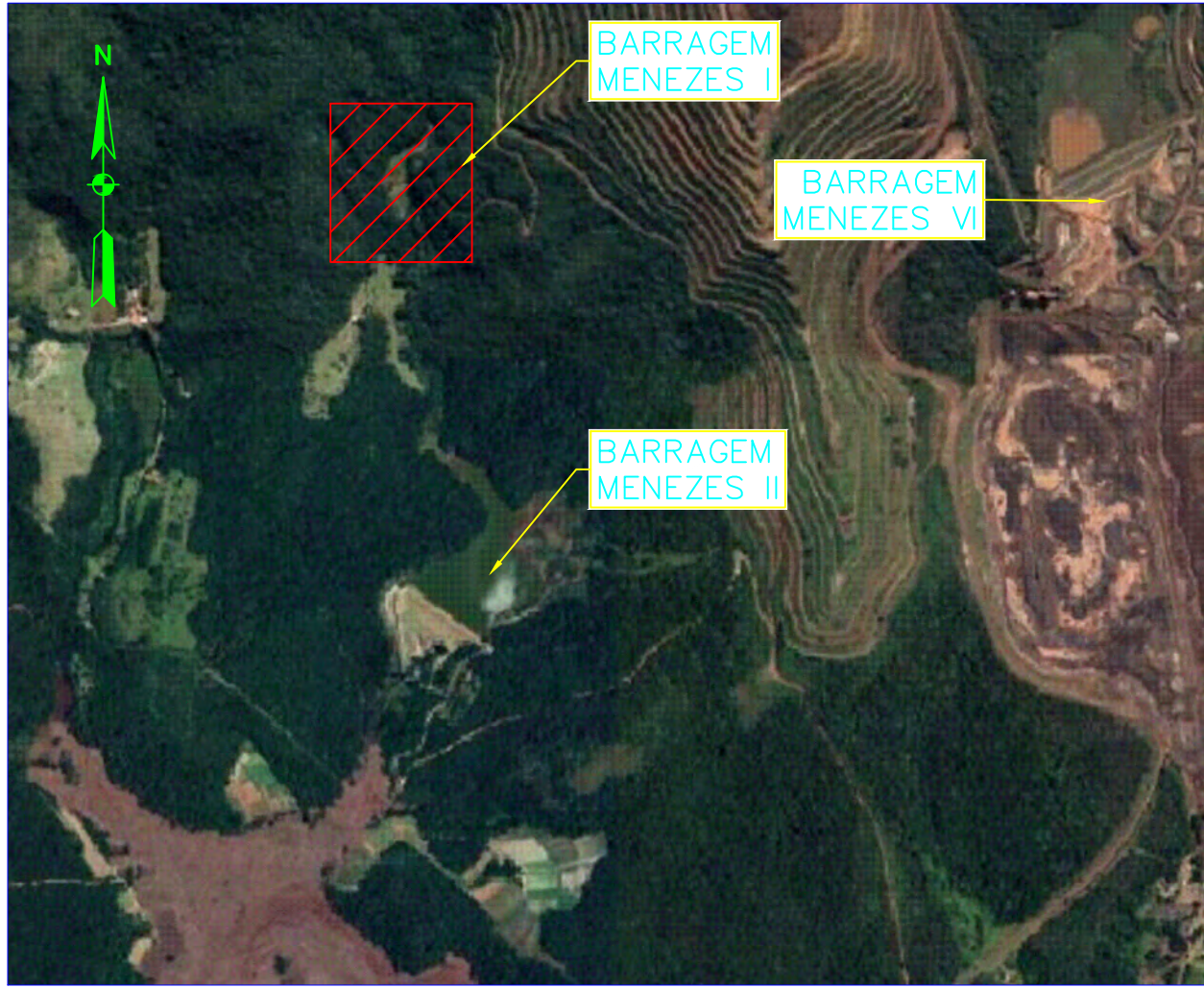
INSTRUÇÕES P/ PLANTAS	
COR	ESPESURA
CON. N.º	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8



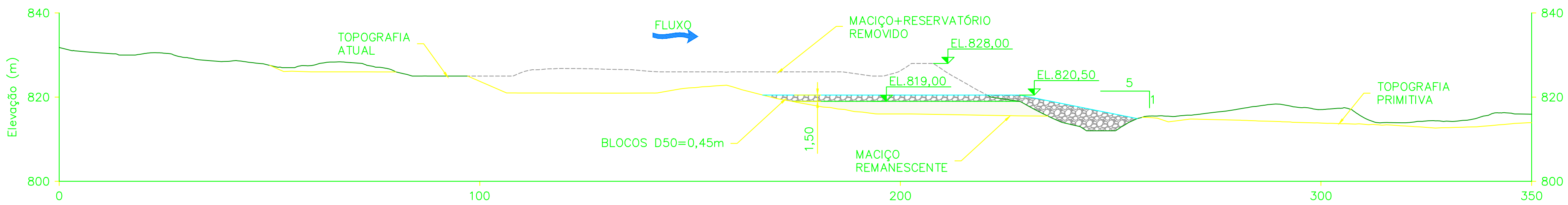
Anexo VI - Desenho 1850JJ-X-31311_Alt. 2



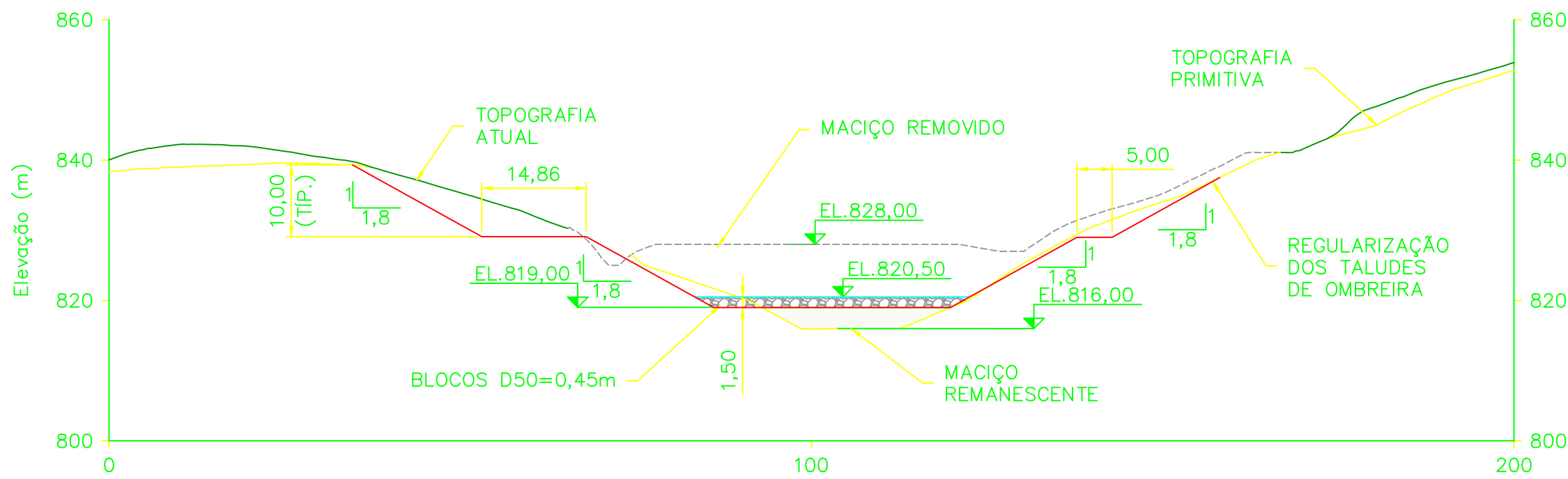
PLANTA
ESC. 1:750



PLANTA CHAVE
SEM ESCALA



SEÇÃO A-A – REMOÇÃO PARCIAL + BLOCOS
ESC. 1:750



SEÇÃO B-B – REMOÇÃO PARCIAL + BLOCOS
ESC. 1:750

TABELA DE QUANTIDADES	
VOLUME DO MACIÇO REMANESCENTE (m³)	20.450,00
VOLUME DE REMOÇÃO RESERVATÓRIO (m³)	9.227,68
VOLUME DE REMOÇÃO MACIÇO (m³)	11.222,00
VOLUME DE BLOCOS (m³)	3.613,00
VOLUME DE ESCAVAÇÃO REGULARIZAÇÃO DOS TALUDES DE OMBREIRA (m³)	14.452,00
VOLUME DE REMOÇÃO DE CONCRETO – EXTRAVASOR (m³)	3,00
SUPRESSÃO VEGETAL (m²)	4.871,20
REVEGETAÇÃO DE PROTEÇÃO (m²)	4.209,00

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – EQUIDISTÂNCIA 1m PRIMITIVA
- CURVAS DE NÍVEL – EQUIDISTÂNCIA 1m TOPOGRAFIA ATUAL
- ESCOVAÇÃO
- MACIÇO
- BLOCOS
- ÁREA DE SUPRESSÃO VEGETAL
- ÁREA DE REVEGETAÇÃO DE PROTEÇÃO
- REGULARIZAÇÃO
- TOPOGRAFIA ATUAL
- TOPOGRAFIA PRIMITIVA



NOTAS

1 – DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO;
2 – A(s) ESCALA(S) INDICADA(S) NESTE DESENHO REFERE(M)–SE AO FORMATO "A1".
3 – PROJEÇÃO UTM – FUSO 23S – DATUM SIRGAS2000.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

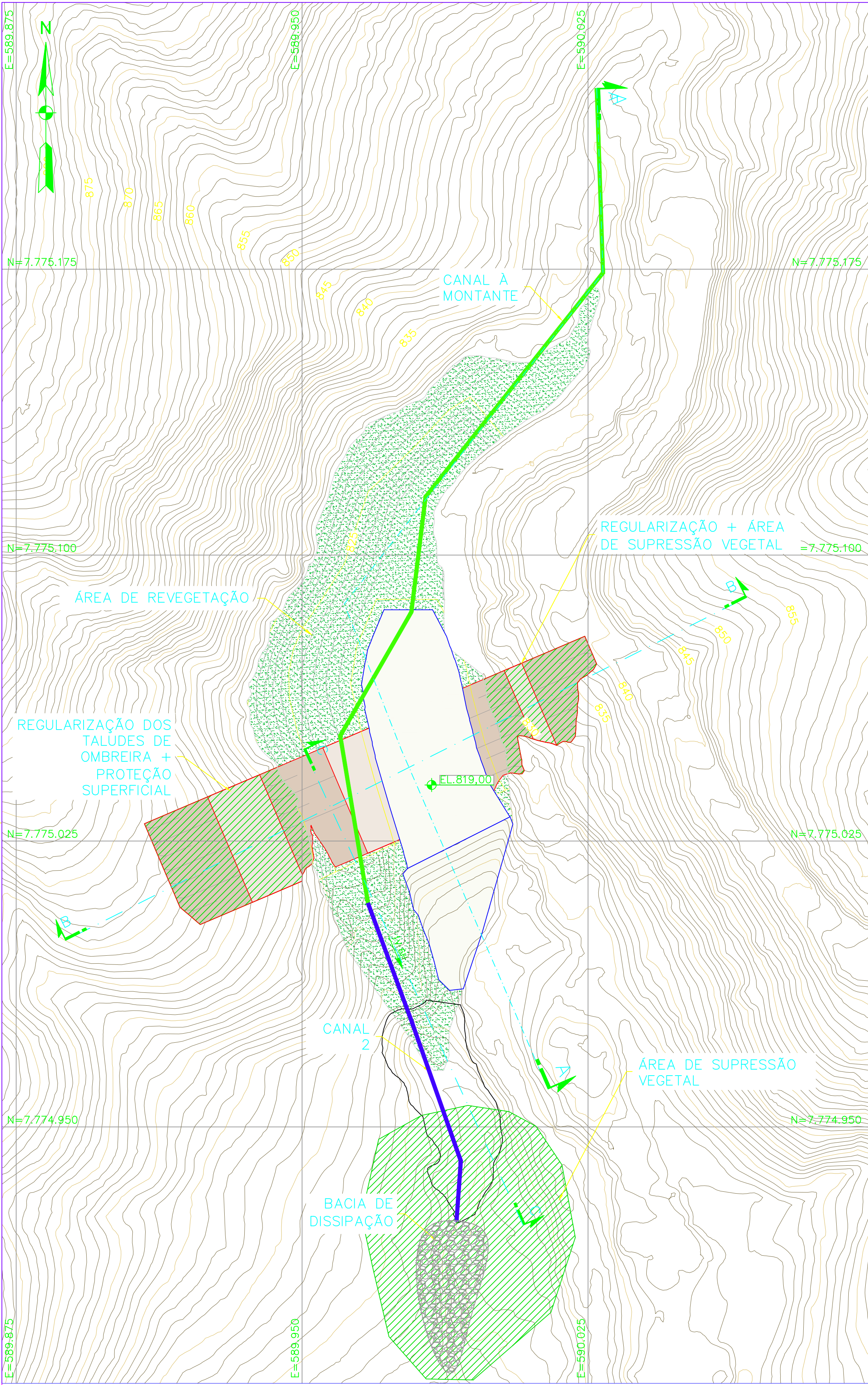
BASE TOPOGRÁFICA AS IS – TETRA TECH VER: 1850JJ–X–31210.
BASE TOPOGRÁFICA PRIMITIVA RESTITUIÇÃO FERRO–CARVAO 1966, CONVERTIDA DO SISTEMA DE COORDENADAS SAD69 PARA SIRGAS2000, CONFORME SOLICITAÇÃO VALE.
RELATÓRIO DAS ALTERNATIVAS VER: RL–1850JJ–X–31171.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	C	PARA CONHECIMENTO	PMF	PMF	DMS	FAB	PRC	25/11/20
B	B	PARA APROVAÇÃO	PMF	PMF	DMS	FAB	PRC	12/11/20
A	B	EMIÇÃO INICIAL	PMF	PMF	DMS	FAB	PRC	20/10/20
REVISÕES								
T.E. TIPO DE EMISSÃO			(A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO					

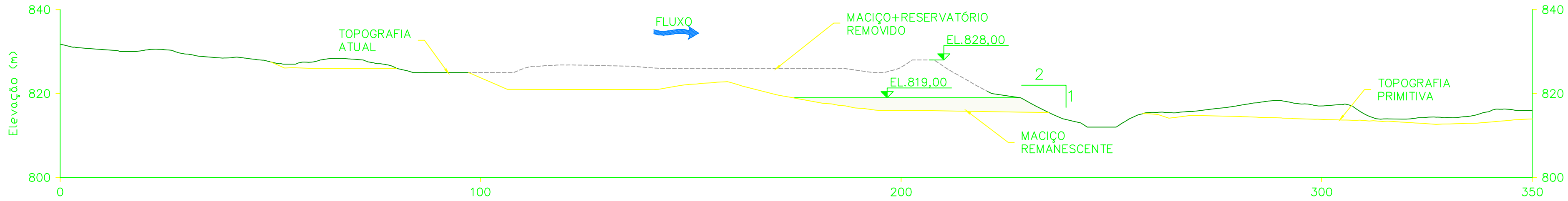
		 Geotecnia & Hidrotecnia		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	
PROJETO DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I				Nº DO PROJETO S4978-F2	Nº DA SE -
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGEM ARRANJO GERAL - PLANTA, SEÇÃO E PERFIL ALTERNATIVA 2					
ESCALA INDICADA		Nº CONTRATADA 18114-077B-1-GE-DE-0034		Nº VALE 1850JJ-X-31311	
				REVISÃO 0	



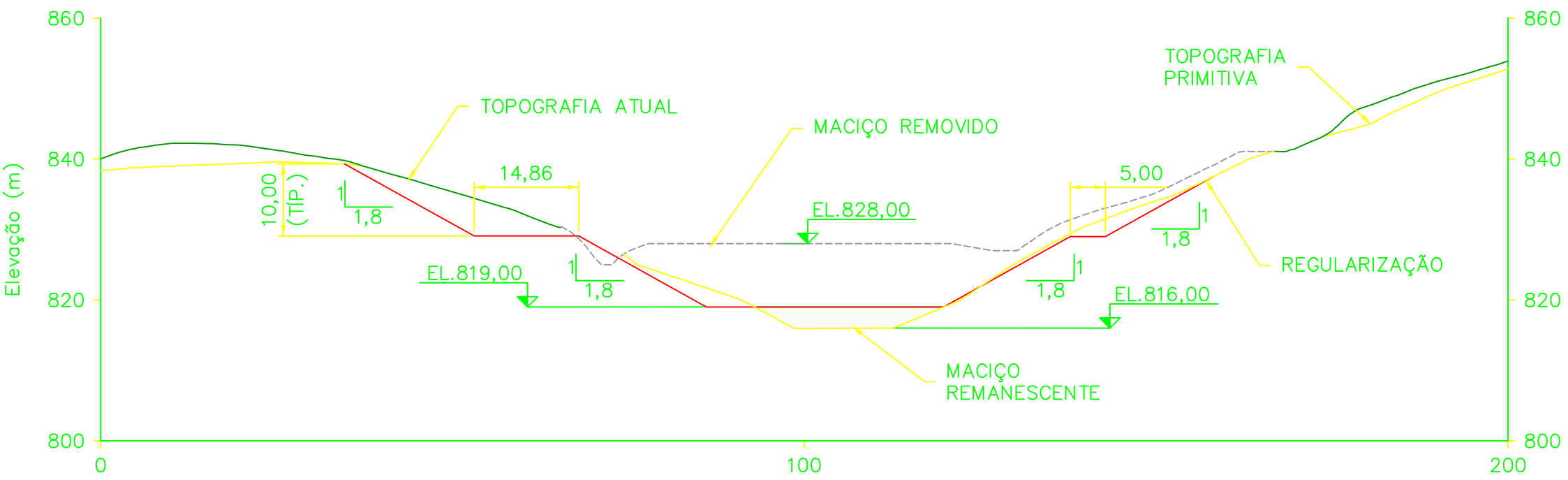
Anexo VII - Desenho 1850JJ-X-31312_Alt. 3



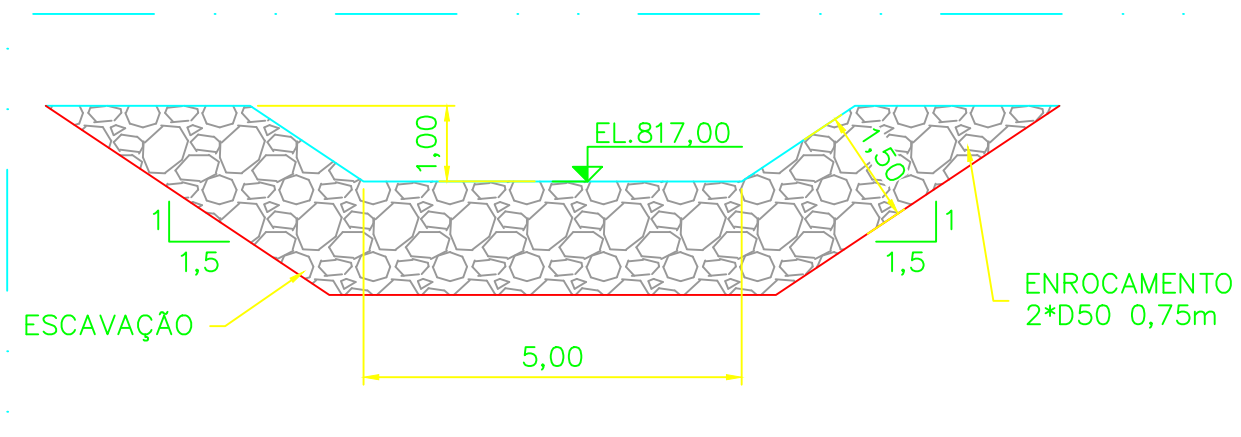
PLANTA
ESC. 1: 750



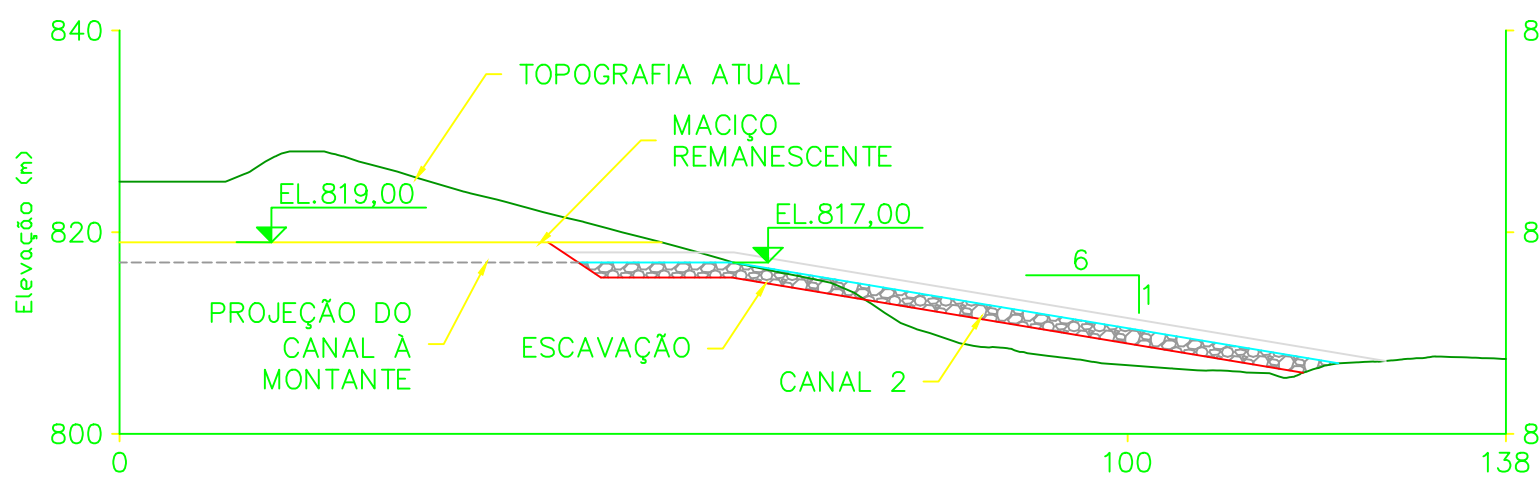
SEÇÃO A-A – REMOÇÃO PARCIAL
ESC. 1: 750



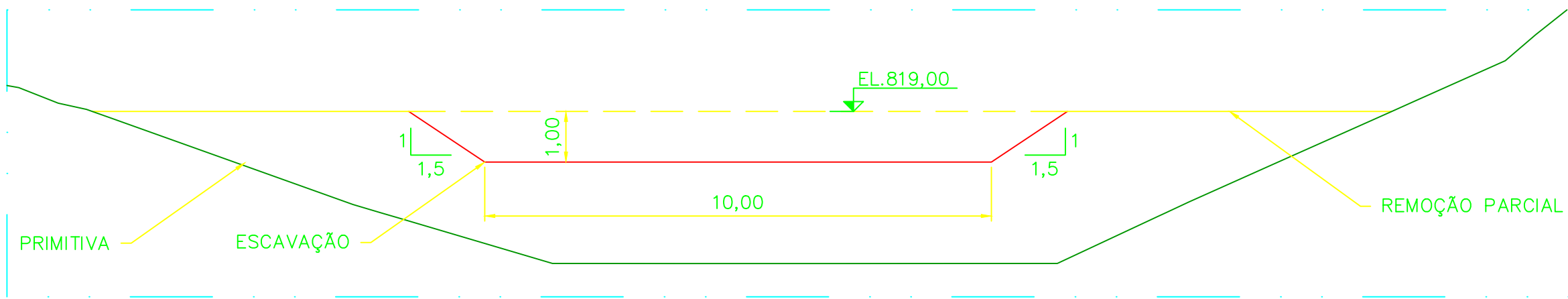
SEÇÃO B-B – REMOÇÃO PARCIAL
ESC. 1: 750



SEÇÃO TÍPICA – CANAL 2
ESC. 1: 100



SEÇÃO C-C – CANAL 2
ESC. 1: 750



SEÇÃO TÍPICA – CANAL A MONTANTE
ESC. 1: 100

TABELA DE QUANTIDADES	
VOLUME DO MACIÇO REMANESCENTE (m³)	20.450,00
VOLUME DE REMOÇÃO RESERVATÓRIO (m³)	9.227,68
VOLUME DE REMOÇÃO MACIÇO (m³)	11.222,00
VOLUME DE ESCAVAÇÃO REGULARIZAÇÃO DOS TALUDES DE OMBREIRA (m³)	14.452,00
VOLUME DE ESCAVAÇÃO – CANAL A MONTANTE (m³)	2.714,00
VOLUME DE ESCAVAÇÃO – CANAL 2 (m³)	2.125,00
VOLUME DE ENROCAMENTO – CANAL 2 (m³)	1.552,00
VOLUME DE REMOÇÃO DE CONCRETO – EXTRAVASOR (m³)	3,00
SUPRESSÃO VEGETAL (m²)	6.399,45
REVEGETAÇÃO (m²)	4.579,15
PROTEÇÃO SUPERFICIAL (m²)	1.646,50

LEGENDA:

	CURVAS DE NIVEL – EQUIDISTÂNCIA 1m PRIMITIVA
	CURVAS DE NIVEL – EQUIDISTÂNCIA 1m TOPOGRAFIA ATUAL
	ESCAVAÇÃO
	MACIÇO
	BLOCOS
	ÁREA DE SUPRESSÃO VEGETAL
	REVEGETAÇÃO DE PROTEÇÃO
	REGULARIZAÇÃO
	TOPOGRAFIA ATUAL
	TOPOGRAFIA PRIMITIVA



NOTAS

1 – DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO;
2 – A(s) ESCALA(S) INDICADA(S) NESTE DESENHO REFERE(M)–SE AO FORMATO "A1".
3 – PROJEÇÃO UTM – FUSO 23S – DATUM SIRGAS2000.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

BASE TOPOGRÁFICA AS IS – TETRA TECH VER: 1850JJ–X–31210.
BASE TOPOGRÁFICA PRIMITIVA RESTITUIÇÃO FERRO–CARVÃO 1966, CONVERTIDA DO SISTEMA DE COORDENADAS SAD69 PARA SIRGAS2000, CONFORME SOLICITAÇÃO VALE.
RELATÓRIO DE ALTERNATIVAS VER: RL–1850JJ–X–31171.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	C	PARA CONHECIMENTO	PMF	PMF	DMS	FAB	PRC	25/11/20
B	B	PARA APROVAÇÃO	PMF	PMF	DMS	FAB	PRC	12/11/20
A	B	EMIÇÃO INICIAL	PMF	PMF	DMS	FAB	PRC	20/10/20
REVISÕES								
T.E.	(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO				
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(H) CANCELADO				

		 BVP <i>Geotecnia e Hidrotecnia</i>		CLASSIFICAÇÃO	
				RESTRITO	
PROJETO				Nº DO PROJETO	Nº DA SE
DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I				S4978–F2	–
PROJETO CONCEITUAL					
UTILIDADES					
BARRAGEM					
ARRANJO GERAL – PLANTA, SEÇÃO E PERFIL					
ALTERNATIVA 3					
ESCALA		Nº CONTRATADA		Nº VALE	
INDICADA		18114–077B–1–GE–DE–0035		1850JJ–X–31312	
				REVISÃO	
				0	



Anexo VIII - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31201_R0

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 1/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

[illegible]

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 2/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	INTRODUÇÃO	4
2.	LOCALIZAÇÃO	4
3.	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BARRAGEM ATUAL	6
4.	DADOS CONSIDERADOS.....	7
4.1.	TOPOGRAFIA	7
4.2	GEOLOGIA	9
5.	METODOLOGIA.....	37
5.1	NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÕES DE REFERÊNCIA.....	37
5.2	METODOLOGIAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS	38
5.2.1	Caracterização dos materiais de fundação	38
5.2.2	Análises de estabilidade	38
5.3	METODOLOGIAS HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS	42
5.3.1	Sedimentologia.....	42
5.3.3.	Estudos hidrológicos	46
5.2.4.	Dimensionamentos Hidráulicos	53
6.	ESTUDO DA RETIRADA DO MACIÇO E DOS SEDIMENTOS DA BARRAGEM MENEZES I	60
6.1.	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	60
6.2.1.	Seção de Análises.....	60
6.2.1.	Resultados das Análises	62
6.2.	ESTUDOS HIDROTECNICOS.....	82

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 3/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

6.2.1 Estudos Sedimentológicos	82
6.2.2 Drenagem superficial.....	83
7. SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA.....	91
7.1 ETAPA INICIAL.....	91
7.2 ETAPA FINAL	93
8. DISPOSIÇÃO DOS MATERIAIS REMOVIDOS	95
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	96

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 4/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

1. INTRODUÇÃO

Por meio da proposta técnica PP-BVP-114.148.18-00, a BVP Engenharia foi contratada pela VALE para a prestação de serviços especializados de Engenharia contemplando o desenvolvimento do “PROJETO CONCEITUAL PARA DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I”.

O escopo dos serviços contempla a apresentação do Projeto Conceitual da Alternativa Selecionada (Alternativa 1) dos Estudos de Alternativas para descaracterização da Barragem Menezes I (RL-1850JJ-X-31171), cuja finalidade é a contenção dos sedimentos provenientes das áreas de depósito estéreis e área de lavras.

Partindo-se de dados disponibilizados pela VALE, foi desenvolvido o Projeto Conceitual conforme as normatizações vigentes que visam o aumento da segurança e confiabilidade deste estudo.

Devido às incertezas em relação a falta levantamentos de campo recentes, onde foram verificadas inconsistências, em relação a topografia e geologia, para interpretação e delimitação do maciço entre o barramento e a fundação da Barragem Menezes I, foram apresentadas no projeto Conceitual, seções ao longo do reservatório que fossem representativas em relação ao volume e/ou complexidade. Na área do maciço da barragem, a escavação foi travada na cota 815,00 m, deixando uma seção disponível que atenda os dimensionamentos hidráulicos. A solução proposta procurou evitar o aprofundamento da escavação e um possível tratamento da fundação que dificultasse a estabilidade dos taludes laterais e da configuração geométrica em geral. Os levantamentos estão sendo executados para a próxima fase do projeto.

2. LOCALIZAÇÃO

A seguir, a Figura 2.1 e Figura 2.2 exibem um mapa de localização da Barragem Menezes I (Brumadinho-MG). A Barragem Menezes I localiza-se no Córrego Olaria, na Mina Córrego do Feijão. A barragem tem por finalidade a contenção de sedimentos provenientes das áreas de depósitos de estéril (PDE Menezes III), estradas e áreas de

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 5/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

lavras. Na mesma linha de drenagem, posicionada mais a jusante, encontra-se a Barragem Menezes II. A barragem está localizada nas coordenadas UTM 589.975E / 7.775.044N. Na Figura 2.1 é apresentada alocação da Barragem Menezes I e a sua área de entorno e na Figura 2.2 é apresentada a vista geral da estrutura.



Figura 2.1 – Localização da Barragem Menezes I (Google Earth).

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 6/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0



Figura 2.2 – Vista geral da Barragem Menezes I.

3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BARRAGEM ATUAL

A Barragem Menezes I foi construída em 1994, com a finalidade de contenção sedimentos advindos da PDE Menezes III.

Apresenta maciço com crista na El. 828,00 m, com 50,0 m de extensão e taludes de jusante com inclinação variável. Segundo desenho As Built (VALE, 05/2017), a barragem possui talude de montante com inclinação 1V:1,4H e taludes de jusante com inclinações: 1V:1,8H da El. 811,90 m a El. 813,90 m; 1V:2H da El. 813,90 m a El. 820,00 m; e 1V:1,7H da El. 820,00 m a El. 828,00 m.

O sistema extravasor consiste em vertedor de superfície, de soleira livre na El. 825,25 m, implantado na ombreira direita do maciço, composto pelos seguintes trechos:

- Emboque com geometria composta por dois trapézios contíguos (o inferior, com revestimento de concreto, e o superior em terreno natural, sem revestimento);
- Canal extravasor.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 7/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Conforme relatório levantamento topobatimétrico, de abril de 2021, executado pela Cepemar, o N.A do reservatório encontrava-se na El 825,4866 m e a menor cota na El. 824,53 m.

4. DADOS CONSIDERADOS

4.1. TOPOGRAFIA

Para o estudo e elaboração das alternativas de descaracterização da Barragem de Menezes I, foram considerados critérios e premissas solicitados pela Vale e a boa prática da Engenharia. Para a implantação do projeto foi utilizada a base topográfica enviada pela Vale, *Topografia_Qfer.zip*, retirada do GIS Mineral da Vale, convertida para o sistema de coordenadas Sirgas2000 para que atenda as normas vigentes (IBGE Nº 1/2005) estabelecidas, autorizado pela Vale.

Fez-se uma análise comparativa entre os documentos mais recentes, referentes aos logs de sondagem da Geocontrole (2020), pertencente a campanha de investigação geológico-geotécnica do As Is, elaborado pela Tetra Tech (2020), a Sobreposição de topografias cnivel_20200308_utm23s_Sirgas-2000_1m_parte2, Topografia atual Restituição Ferro-Carvão 1966_5m_recorte - SAD69 e Topografia primitiva, convertida para o sistema de coordenadas Sirgas2000 para que atenda as normas vigentes (IBGE Nº 1/2005) estabelecidas. No qual verificou-se inconsistências para interpretação e delimitação do maciço entre o barramento e a fundação da Barragem Menezes I. Sendo observado, principalmente, na seção transversal ao eixo da Barragem Menezes I, a diferença entre o contato do maciço da estrutura e a fundação.

Devido essa divergência de informações entre as sondagens e a topografia primitiva foi implantado na região do maciço uma superfície de terreno de acordo com as informações fornecidas pelas sondagens (Figura 4.1 e Figura 4.2), com aproximadamente 3,50 m abaixo da topografia primitiva, garantindo assim melhor estimativa nos quantitativos e segurança nas análises.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 8/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Ressalta-se que a interpretação desenvolvida dos aspectos volumétricos e topográficos das alternativas, na área do maciço, foram feitas com base nos arquivos disponibilizados, Mapa Geológico Geotécnico do Projeto As Is Tetra Tech (2020) (ref. 1850JJ-X-31212), Logs de Sondagens da Geocontrole (2020), e Base Topográfica do Projeto As Is Tetra Tech (2020) (ref. 1850JJ-X-31210). Para a próxima fase, será utilizado levantamento topográfico atualizado e conferido com os dados das investigações geológicas programadas.

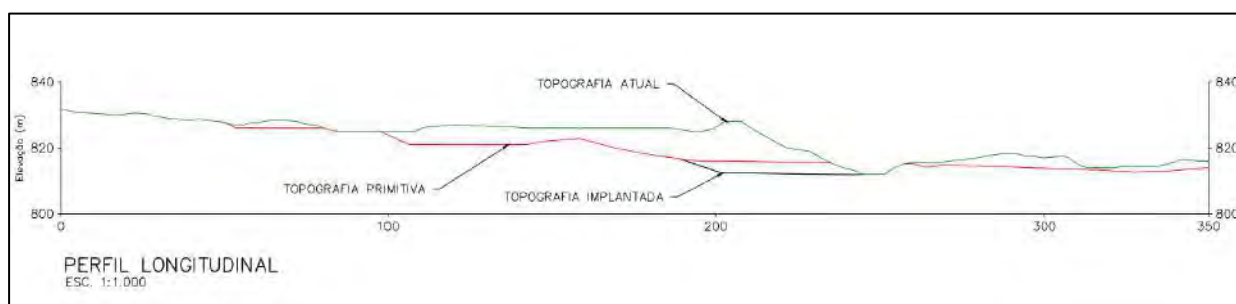


Figura 4.1 – Topografia implantada de acordo com a sondagem – Perfil Longitudinal.

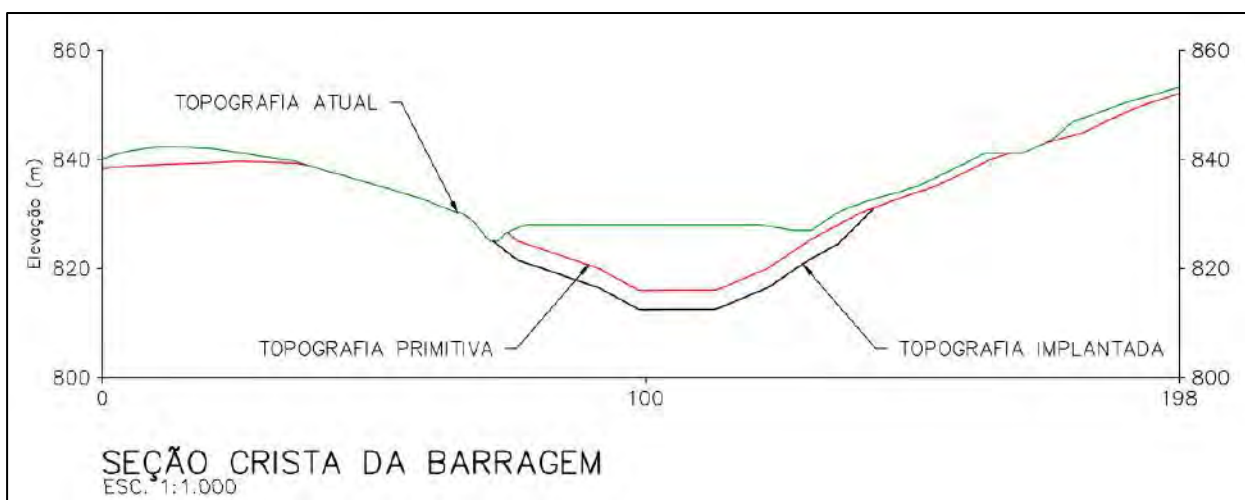


Figura 4.2 – Topografia implantada de acordo com a sondagem – Seção Transversal

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 9/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

4.2 GEOLOGIA

Este item tem como objetivo apresentar as informações geológico-geotécnicas da fundação e entorno da Barragem Menezes I, com base na documentação disponibilizada pela Vale até a data de emissão desse relatório, bem como dados coletados na visita de campo. Nesse sentido, apresenta-se aqui uma compilação de dados referentes às informações de investigações executadas durante as fases de projeto dessa estrutura, bem como sondagens disponibilizadas mais recentemente, e que vem sendo executadas para o projeto de “As Is”.

A BVP fez uma avaliação crítica dos dados citados a fim de interpretar as seções geológico-geotécnicas necessárias para subsidiar os estudos de estabilidade da estrutura em questão, bem como avaliação das alternativas desenvolvidas no presente relatório. Assim, os itens que seguem apresentam uma descrição sucinta do contexto das condições geológico-geotécnicas locais, baseada na documentação disponibilizada.

4.2.2.1. Aspectos Geológicos Regionais

A Barragem Menezes I está inserida no contexto geológico regional do noroeste da província mineral do Quadrilátero Ferrífero, nas adjacências da mina Córrego do Feijão em Brumadinho – MG. Esta região compreende uma fração dos limites meridionais do Cráton do São Francisco, tendo, desta forma, sofrido episódios deformacionais causadores de seu arranjo tectônico variado em composição e idade.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 10/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

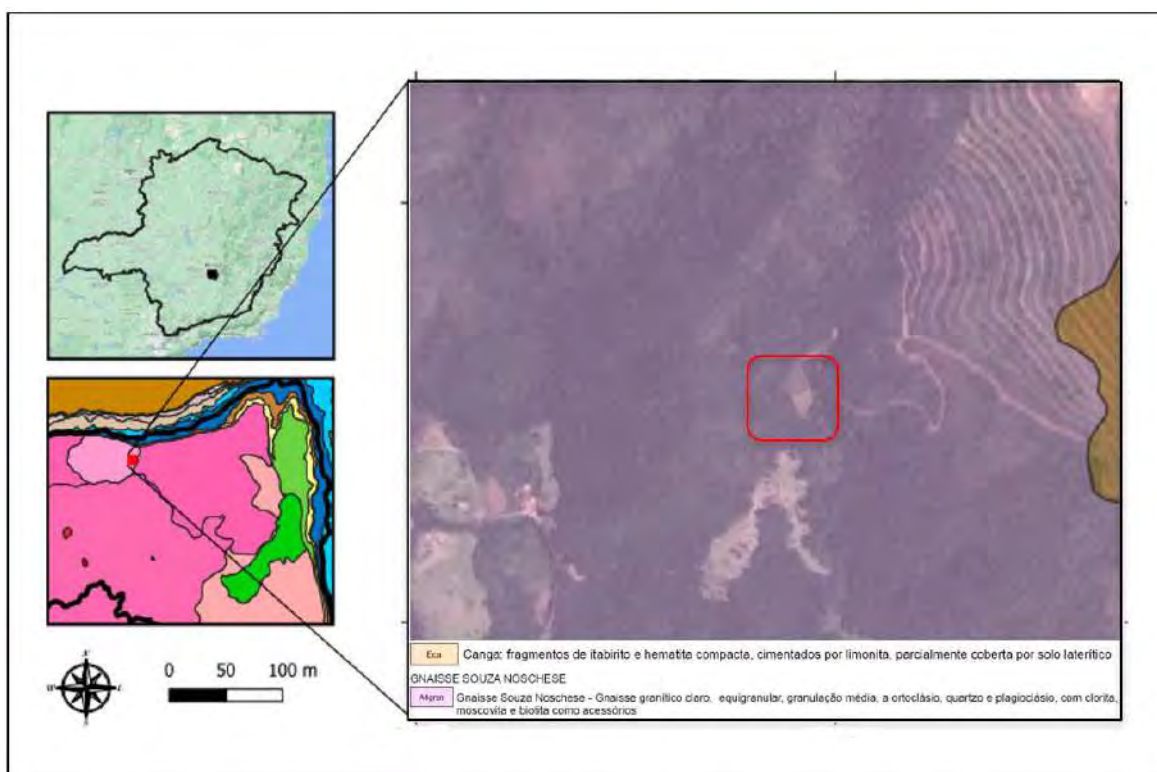


Figura 4.3 – Contexto Regional do Complexo Bonfim (Gnaiss Souza Neschese) onde está localizada a Barragem Menezes I.

A Figura 4.4 apresenta a coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (Endo et al. 2019b) destacando a localização do Complexo Bonfim pertencente ao Complexo Metamórfico.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA
			RL-1850JJ-X-31201	11/97
			Nº (CONTRATADA)	REV.
			18114-148B-1-GE-RT-0002	0

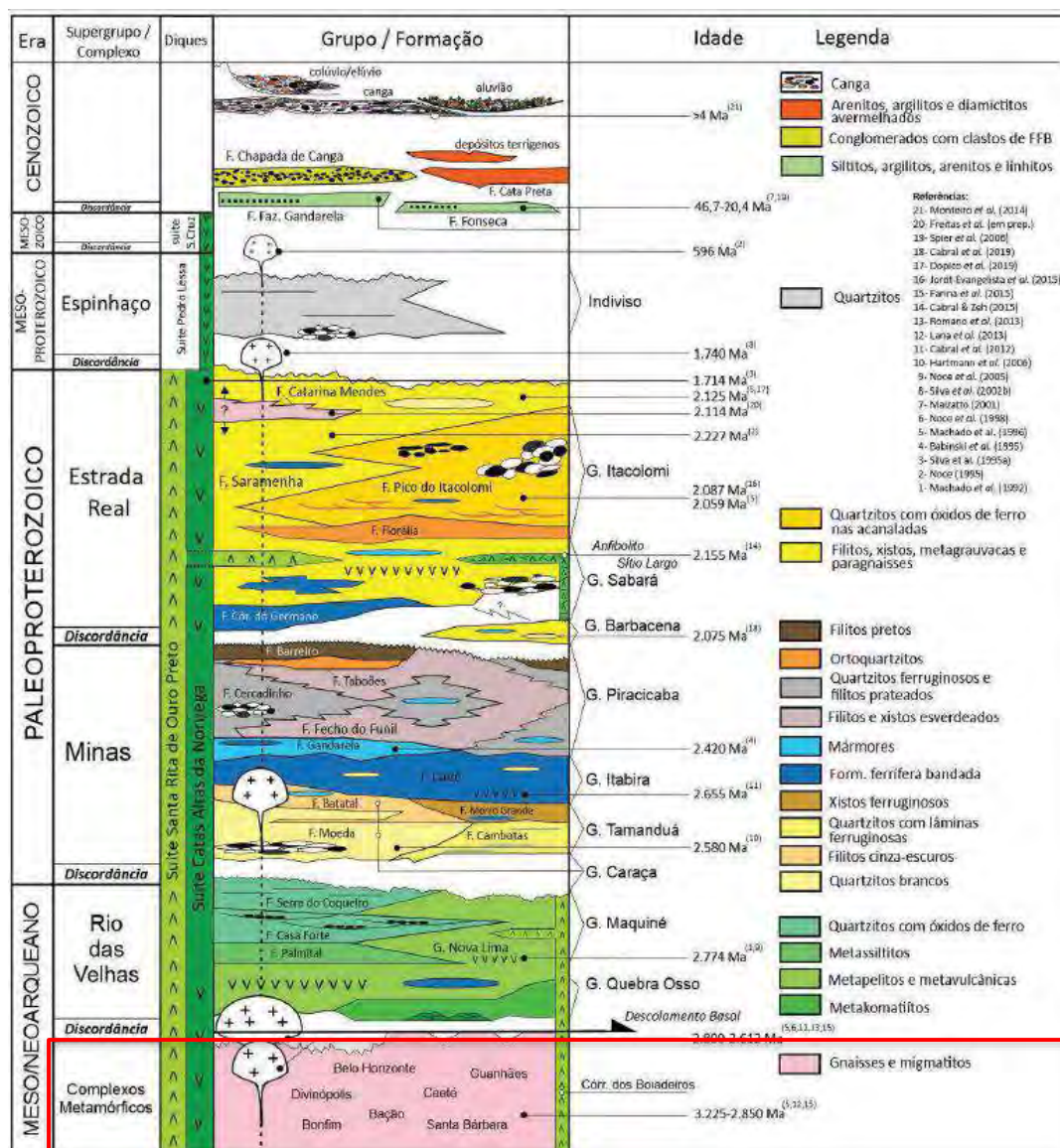


Figura 4.4 – Coluna Estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (Endo et al. 2019b).

As principais litologias no entorno da Barragem consistem nas suítes Souza Noschese, composta por ortognaisses tonalíticos a graníticos e migmatíticos, além da Suíte Samambaia, de rochas metatonalíticas (Endo et al., 2019), ambas pertencentes à estrutura dômica do Complexo Bonfim com idades Mesoarqueanas (Carneiro, 1992), que perfazem o entorno da mina e são mais predominantes ao sul da região. Estas também estão localmente encobertas por depósitos de tálus e sedimentos colúvio-eluvionares Neógenos, além de concreções ferruginosas típicas. A sudoeste da área, também há a ocorrência de intrusões de diques com lineamentos de direção NE-SW compostos por anfibolitos e metadiabásios das Suítes Candeias e Conceição do Itaguá

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 12/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

respectivamente, estas classificadas como integrantes dos estratos de topo do Complexo Bonfim (Endo et al., 2019).

Em discordância tectônica de falha inversa com mergulho para NNO (Marshak & Alkimin, 1989) ao norte da Barragem, aflora, na Serra Três Irmãos, a sequência metassedimentar do Supergrupo Minas, descrita como originários de sedimentos de margem plataformar de idades paleoproterozóicas, as quais foram posteriormente deformados pela orogênese Transamazônica (Baltazar e Zuchetti, 2005), também paleoproterozóica, este sendo o principal evento responsável pela orientação ENE-OSO das formações ocorridas na região.

4.2.2.2. Sismicidade Regional

Sabe-se que o Brasil se situa em região intraplaca, afastado de suas bordas e, portanto, de baixa atividade sísmica. Porém, sismos pequenos a moderados não são tão raros de ocorrerem no território nacional (Assumpção, 2016). Partindo da premissa que podem ocorrer sismos aleatoriamente em qualquer lugar do território nacional, a probabilidade de provocarem acelerações no chão (PGA – Peak Ground Acceleration) superiores a 5% de g (0,05 da aceleração da gravidade) é de 1/1000 anos (uma a cada mil anos).

Entretanto, dados históricos (Figura 4-5) mostram que a localização dos tremores não é aleatória, ocorrendo com maior frequência em algumas regiões específicas do Brasil como no Sul de Minas Gerais (além de Ceará, Rio Grande do Norte, Pantanal, etc.).

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 13/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

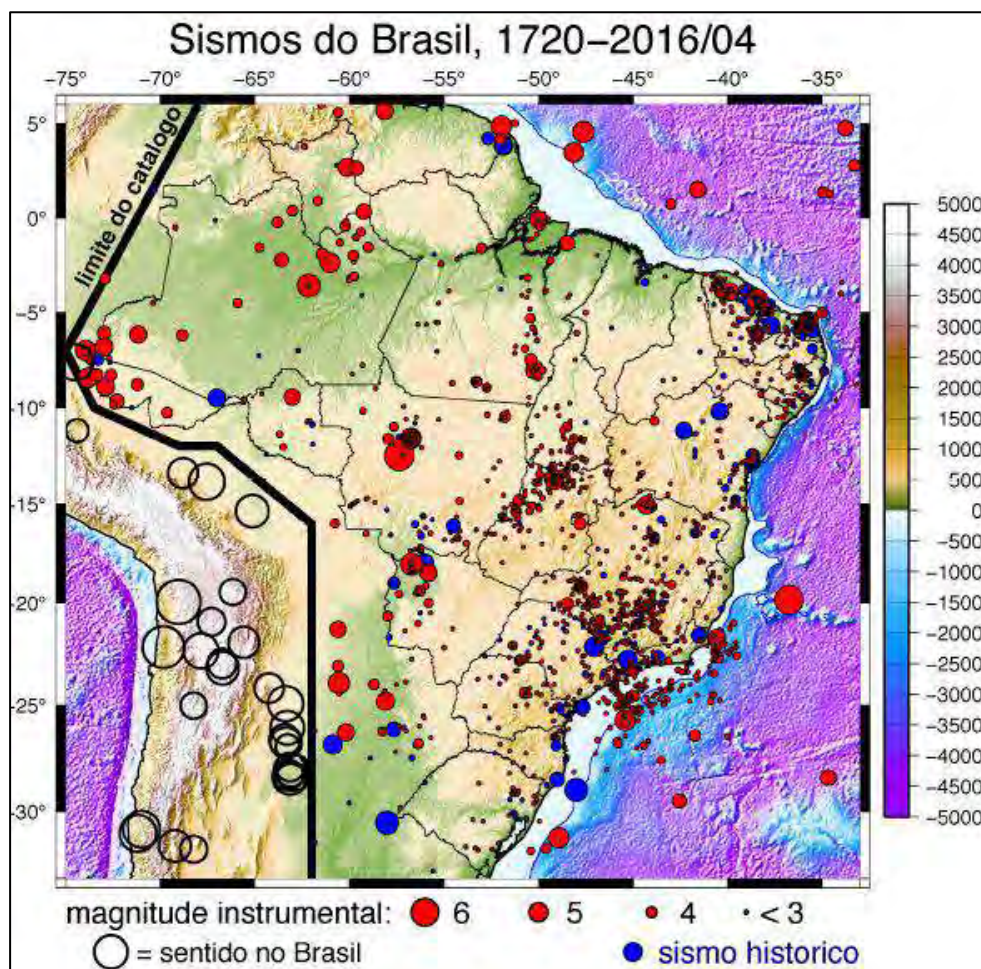


Figura 4.5 – Catálogo Sísmico brasileiro – apenas sismos rasos (Assumpção, 2016)

Além dos tremores naturais, estruturas como barragens estão sujeitas diversas fontes de sismos induzidos, como o próprio enchimento do reservatório, desmontes de rocha, mineração subterrânea ou mesmo tráfego de equipamentos e veículos pesados.

Um dos critérios mais utilizados para a avaliação da performance de uma estrutura geotécnica frente a um sismo é o apresentado no relatório “Critérios de Projetos Cíveis” da Eletrobrás, onde recomenda que para avaliação da condição de segurança através de análise pseudo-estática devem ser consideradas acelerações de 0,05g na direção horizontal e 0,03g na direção vertical. Tal recomendação abrangeria tanto sismos naturais como induzidos e ainda ressalta que os valores de aceleração podem ser majorados caso as condições geológicas locais sejam mais desfavoráveis.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 14/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Mapas de ameaças sísmicas evidenciam os graus de movimentação da superfície do terreno para uma dada probabilidade de ocorrência ou período de retorno. Estudos recentes mais detalhados, publicados em 2016, sobre a sismicidade no Brasil chegaram a valores de PGA diferentes dos comumente empregados em estruturas geotécnicas. Apesar de ainda preliminares, devido a diversas incertezas da sismicidade intraplaca e quanto ao modelo adotado para as análises, a Figura 4-6 apresenta regiões onde o PGA ultrapassa o valor de 0,05g, considerando-se período de retorno de 475 anos com probabilidade de 10%.

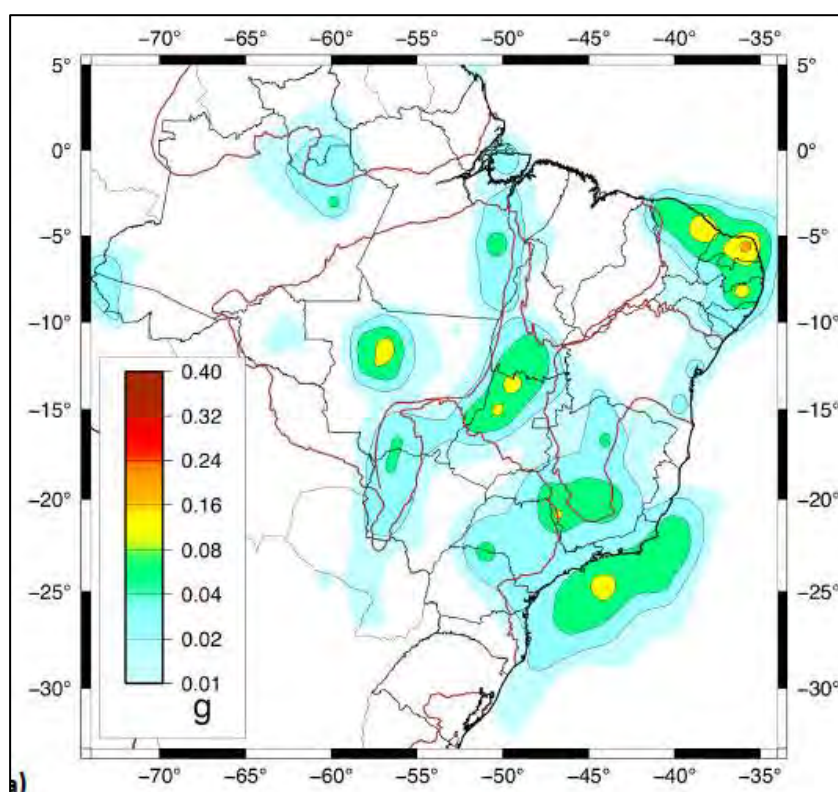


Figura 4.6 – Mapa de Ameaça Sísmica para aceleração de pico PGA em rocha com período de retorno de 475 anos (Assumpção, 2016)

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 15/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

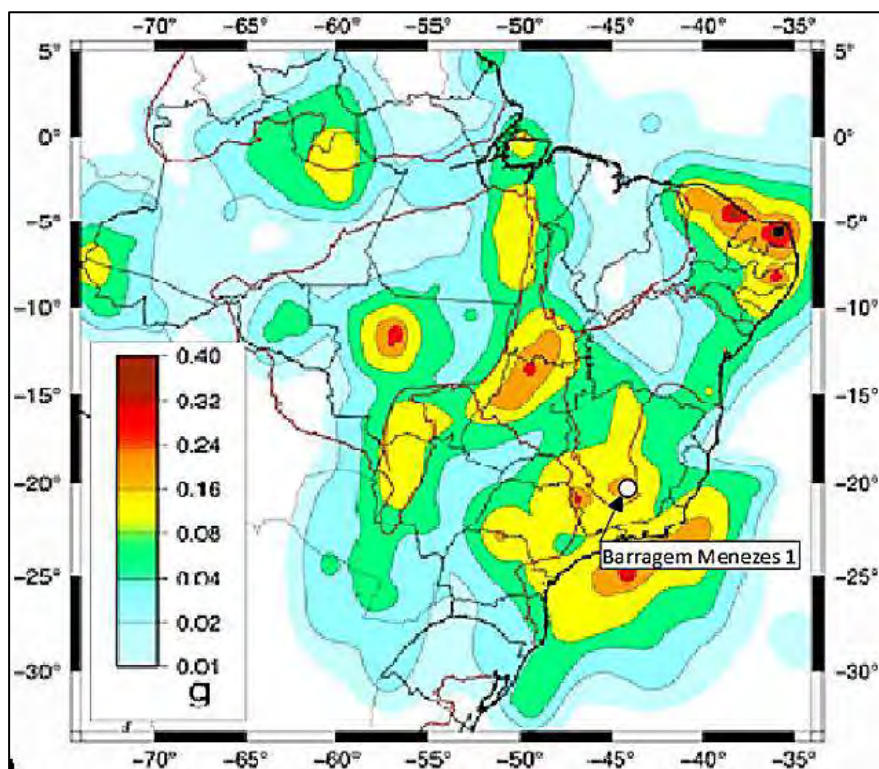


Figura 4.7 – Mapa de Ameaça Sísmica para aceleração de pico PGA em rocha com período de retorno de 2475 anos (Assumpção, 2016)

A região específica do Quadrilátero Ferrífero apresenta, de acordo com as imagens acima (Figuras 4-6 e 4-7), aceleração de pico na superfície do terreno entre 0,04g a 0,08g para período de retorno de 475 anos e valores ainda maiores, entre 0,16g e 0,24g considerando-se período de retorno de 2475 anos. Além disso, sabe-se ainda que os dados apresentados foram realizados para propagação de ondas em rocha “dura”, ou seja, pode ocorrer uma amplificação das ondas em maciços de resistência inferior (saprolitos, solos, etc.).

Dado o exposto, ressalta-se que os estudos sobre a sismicidade, especialmente nas regiões de interesse, devem ser aprofundados visto que os valores comumente adotados para PGA podem estar subestimados. Especialmente em casos de estruturas como barragens de rejeitos, com materiais sujeitos a liquefação, a utilização de valores mais realistas nas análises pseudo-estáticas é de extrema relevância.

Para a determinação do período de retorno correto e embasamento das análises sobre a condição pseudo-estática, classificou-se a Barragem Menezes I de acordo com o

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 16/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

preconizado na norma técnica elaborada pela *Canadian Dam Association - Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams* (2014, ED. 2019). Foi utilizado o recomendado pela NBR 13028:2017, no tópico 5.3.6 Estudos sísmicos “*Recomenda-se, para as etapas iniciais de estudo, a utilização do critério sugerido pela Canadian Dam Association (CDA), que indica a adoção da aceleração da gravidade resultante do Sismo Máximo Provável (MCE – Maximum Credible Earthquake) para análise pseudoestáticas*”.

Para a classificação da estrutura considera-se a existência de população exposta na área de dano potencial estipulada pelo Dam Break da barragem e a perda de vidas potenciais em caso de ocorrência de tal evento, conforme exposto na Tabela 4-1.

Tabela 4-1 – Classificação da Barragem Menezes I de acordo com a CDA Dam Safety Guidelines - 2013

Dam Class	Population at Risk ¹	Incremental Losses		
		Loss of Life ²	Environmental and Cultural Values	Infrastructure and Economics
Low	None	0	Minimal short-term loss. No long-term loss.	Low economic losses; area contains limited infrastructure or services.
Significant	Temporary only	Unspecified	No significant loss or deterioration of fish or wildlife habitat. Loss of marginal habitat only. Restoration in kind highly possible.	Losses to recreational facilities, seasonal workplaces, and infrequently used transportation routes.
High	Permanent	10 or fewer	Significant loss or deterioration of <i>important</i> fish or wildlife habitat. Restoration or compensation in kind highly possible.	High economic losses affecting infrastructure, public transportation, and commercial facilities.
Very High	Permanent	100 or fewer	Significant loss or deterioration of <i>critical</i> fish or wildlife habitat. Restoration or compensation in kind possible but impractical.	Very high economic losses affecting infrastructure or services (e.g., highway, industrial facility, storage facilities for dangerous substances).
Extreme	Permanent	More than 100	Major loss of <i>critical</i> fish or wildlife habitat. Restoration or compensation impossible.	Extreme losses affecting critical infrastructure or services (e.g. hospital, major industrial complex, major storage facilities for dangerous substances).

NOTES:

1. Definitions for population at risk:

None – No identifiable population at risk, no possibility of loss of life other than through unforeseeable misadventure.

Temporary – People are only temporarily in the dam-breach inundation zone (e.g. seasonal cottage use, transportation routes, recreation)

Permanent – Population at risk is ordinarily located in the dam-breach inundation zone (e.g. permanent residents)

2. Implications for loss of life:

Unspecified – The appropriate level of safety required at a dam where people are temporarily at risk depends on the number of people, exposure time, nature of activity and other conditions. Higher classes could be appropriate depending on requirements.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 17/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Perante as análises realizadas pela Equipe BVP e seguindo as recomendações expostas pela CDA, a Barragem Menezes I foi classificada como “*Dam Class – Low*”, estabelecendo-se assim um período de retorno para determinação do PGA de 100 anos seguindo o estabelecido no documento “*Dam Safety Guidelines – 2013 – Table 6-1a: Flood and Earthquake Hazards, Risk-Informed Approach*”, apresentado na Tabela 4-2.

Tabela 4-2 – Período de retorno em função da classificação da estrutura em análise

Dam Classification	Annual Exceedance Probability – Earthquakes (nota 1)
Low	1/100 AEP
Significant	Between 1/100 and 1/1,000
High	1/2,475 (nota 2)
Very High	1/2 Between 1/2,475 (nota 2) and 1/10,000 or MCE (nota 3)
Extreme	1/10,000 or MCE (nota 3)

Notas: Siglas: MCE, Terremoto Máximo Credível; AEP, probabilidade de excedência anual

1. Devem ser usados os valores médios do intervalo estimado nos níveis de AEP para terremotos. O (s) terremoto (s) com o AEP conforme definido acima é (são) então inserido (s) como o (s) terremoto (s) contributivo (s) para desenvolver os parâmetros de movimento terrestre de projeto do terremoto (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (CDA 2013).

2. Este nível foi selecionado por sua consistência com os níveis de projeto sísmico dados no Código Nacional de Construção do Canadá.

3.MCE não tem AEP associado.

Visto as inúmeras incertezas acerca do assunto, serão adotados neste relatório valores de PGA conforme recomendações da Eletrobrás, porém após desenvolvimento de estudos e publicação de dados mais recentes, estes valores poderão ser revistos.

4.2.2.3. Contexto Geológico-Geotécnico Local

Nesse item serão apresentadas em detalhe as condições geológico-geotécnicas da fundação e entornos da barragem Menezes I. Nesse sentido, serão apresentadas as investigações existentes para caracterização de fundação e entorno da barragem, de acordo com os dados coletados em campo, e informações de sondagens realizadas recentemente.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 18/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

4.2.2.3.1. Investigações Existentes

A estrutura em estudo foi implantada no ano 1994 com base no projeto elaborado pela Geodinâmica Eng., não havendo informações sobre investigações geológico-geotécnicas para desenvolvimento deste projeto na época.

A primeira campanha de investigações geológico-geotécnicas realizadas na região da Barragem Menezes I é referente ao Projeto As Is da Barragem Menezes I proposta pela Domus (2012) contando com quatro sondagens mistas ao longo do eixo da barragem, no maciço da barragem, conforme Tabela 4.3.

Foram disponibilizados também as sondagens programadas para o Projeto As Is que está sendo desenvolvido pela Tetra Tech (2020). Destes estudos foram disponibilizados 3 logs de sondagem ao longo da crista, executados pela Geocontrole além do Mapa Geológico-Geotécnico (ref. 1850JJ-X-31212) e a base topográfica (ref. 1850JJ-X-31210). A Tabela 4.4 apresenta os dados das sondagens do As Is conforme descrição da Geocontrole.

A seguir, na Figura 4-7 são apresentadas todas as sondagens disponíveis da Barragem Menezes I, totalizando 7 Sondagens Mistas (SMs).

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 19/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

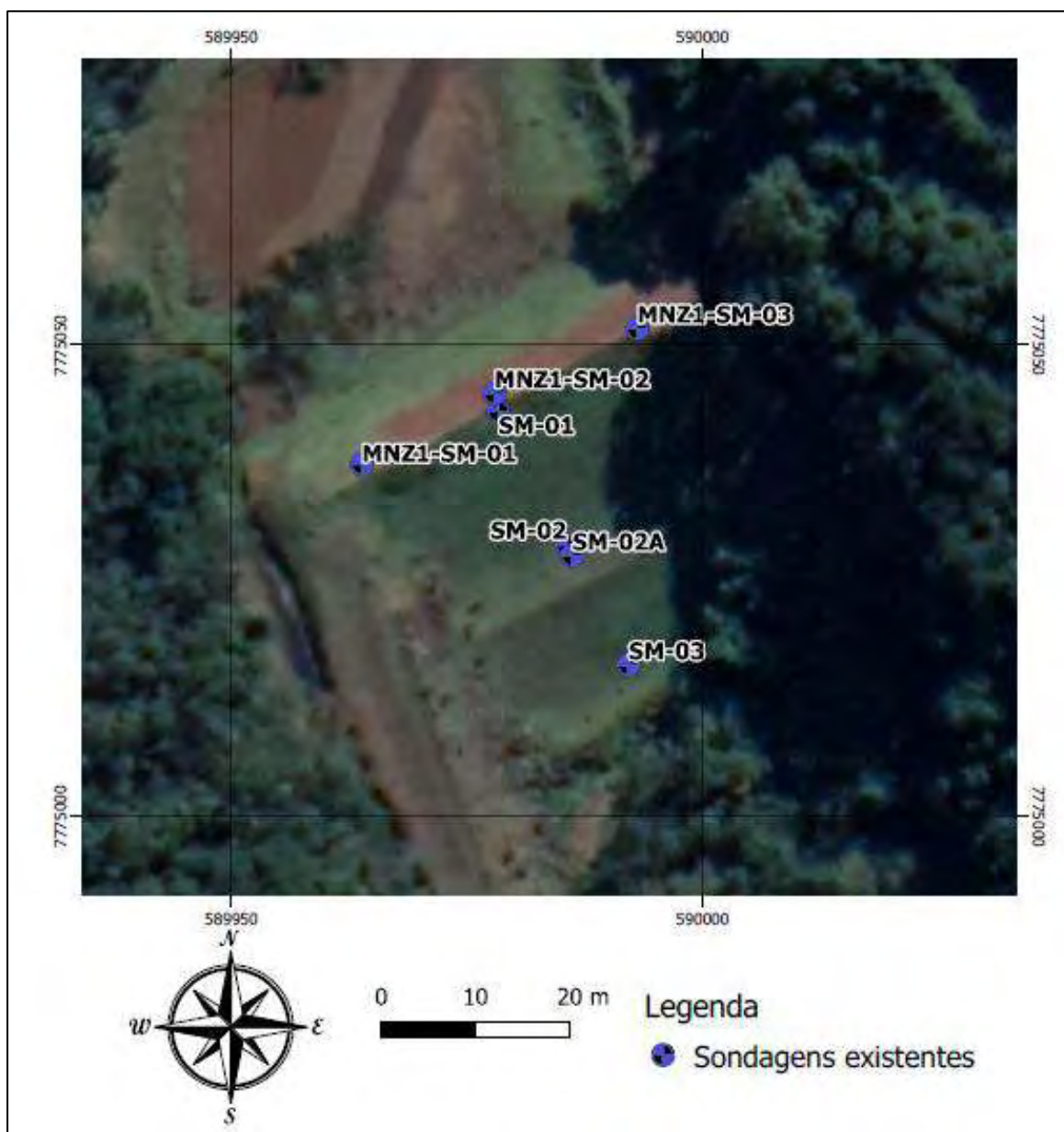


Figura 4.8 – Mapa de localização das investigações geológico-geotécnicas existentes na Barragem Menezes I.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 20/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

**Tabela 4.3 – Campanha de Investigação Geológico-Geotécnica desenvolvida pela Domus (2012)
(ref. DOM-BM1-RDP-01)**

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição
SM-01	E 589978.35 N 7775042.95	827,461	21,70	10,95	0,00	13,45	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					13,45	17,45	Canga*
					17,45	18,70	Solo residual - Areia pouco siltosa, amarela
					18,70	21,00	Saprolito - Areia pouco siltosa esbranquiçada
					21,00	21,70	Gnaisse
SM-02	E 589985.57 N 7775028.83	819,785	11,35	5,93	0,00	8,45	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					8,45	10,55	Saprolito - Areia pouco siltosa esbranquiçada
					10,55	11,35	Gnaisse
SM-02A	E 589986.18 N 7775027.63	819,785	8,65	-	0	8,65	Areia (fina, grossa e média), siltosa, pouco argilosa, com pedregulhos, marrom escura.
SM-03	E 589992.16 N 7775016.05	814,672	15,17	2,64	0,00	3,30	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					3,30	3,60	Transição pedregulhos
					3,60	5,42	Dreno - blocos de rocha
					5,42	8,25	Solo residual - Areia pouco siltosa, amarela
					8,25	12	Solo residual - Areia pouco siltosa, esbranquiçada
					12	15,17	Saprolito - Areia pouco siltosa, esbranquiçada
					15,17	15,25	Gnaisse

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 21/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Tabela 4.4 – Campanha de Investigação Geológica Geotécnica Projeto As Is Tetra Tech (2020).

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição (Geocontrole, 2020)
MNZ1-SM-01	E 589.963,851 N 7.775.037,373	828,984	24,00	12,55	0,00	3,47	Aterro silto-argiloso, arenoso, com pedregulhos de até 3,0 cm. Apresenta raízes superficiais e oxidação incipiente. Cor marrom avermelhado. Resistente média a rija.
					4,00	14,00	Aterro areno-siltoso, com pedregulhos de até 5,0 cm de composição e forma variada. Cor marrom escuro. Resistente pouco compacta a compacta.
					14,00	17,10	Saprolito de gnaíse, silto arenoso (areia média a grossa). Apresenta estrutura reliquiar. Cor ocre a cinza. Apresenta eventuais fragmentos de quartzo de até 1cm. Resistência rija a dura.
					17,10	20,00	Gnaíse de cor branco a cinza, extremamente e levemente alterado. Medianamente resistente.
					20,00	24,00	Gnaíse de cor branca a cinza, medianamente a muito fraturado e são. Resistente.
MNZ1-SM-02	E 589.977,927 N 7.775.044,860	828,932	26,000	15,13	0,00	3,00	Aterro argilo-siltoso, arenoso com pedregulhos de até 5,0 cm de hematita compacta. Cor marrom avermelhado. Resistência média.
					3,00	5,45	Aterro areno-siltoso, com pedregulhos de até 4,0 cm. Cor marrom. Resistência pouco a medianamente compacta.
					5,45	6,00	Aterro argilo-arenoso (areia grossa), com pedregulhos de até 3,0 cm. Cor marrom.
					6,00	16,45	Aterro areno-siltoso, localmente argiloso, com pedregulhos de até 1,5 cm. Cor marrom. Resistência medianamente compacta a compacta.
					16,45	18,00	Aterro composto por pedregulhos de hematita e xisto até 12,0 cm. Cor cinza e branco. Resistência muito compacta.
					18,00	21,00	Aterro composto por blocos de hematita compacta até 45,0 cm e eventuais pedregulhos de gnaíse de até 4,0 cm. Cor cinza.
MNZ1-SM-03	E 589.993,068 N 7.775.051,746	828,84	15,17	14,47	0,00	5,00	Aterro silto argiloso, alternando com trechos argilo siltoso, com pedregulhos de até 5cm. Cor avermelhada a marrom. Resistência média a dura.
					5,00	6,47	Aterro arenoso fino, silto argiloso, ferruginoso, com pedregulhos milimétricos. Cor cinza, a marrom escura. Resistência média a rija.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 22/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição (Geocontrole, 2020)
					6,47	8,00	Aterro silto argiloso, com pedregulhos de até 5cm. Cor avermelhada a marrom.
					8,00	10,00	Solo residual, argilo siltoso, com pedregulhos de até 5cm. Cor avermelhada, com manchas ocre brancas. Resistência mole a dura.
					10,00	11,00	Não recuperado
					11,00	11,46	Trecho arenoso (fino a médio), com frangmentos milimétricos de rocha na porção basal. Cor marrom clara. Resistência fofa.
					11,46	12,23	Saprolito de gnaíse, com matriz areno siltosa (proporções variáveis), contribuições caulíníticas, e fragmentos centimétricos de rocha, imersos na matriz. Cor ocre a marrom, com partes brancas. Resistência muito compacta.
					12,23	18,00	Gnaíse levemente alterado, pouco a extremamente fraturado, com oxidação entre as fraturas. Cor branca. Medianamente resistente
					18,00	20,00	Gnaíse são, com trecho levemente alterado entre (18.00 a 18.20m), apresenta oxidação entre as fraturas. Cor branca. Medianamente resistente.

4.2.2.3. Condições Geológico-Geotécnicas da Fundação da Barragem

A caracterização geológico-geotécnica da área da Barragem Menezes I foi feita por meio da compilação e análise dos dados existentes e visita técnica ao local. Esses dados serão apresentados considerando os parâmetros geomecânicos que seguem o padrão utilizado pela BVP e que são descritos nas Tabela 4.5, Tabela 4.6 e Tabela 4.7.

Tabela 4.5 – Tabela de classificação do grau de alteração (adaptado pela BVP Engenharia).

GRAU	ALTERAÇÃO	DESCRIÇÃO
6	Solo	Solo Residual (Maduro ou Jovem) Transportados (Aluvião ou Colúvio)
5	Extremamente Alterado (SAP)	Apresentam minerais primários físico e quimicamente alterados e totalmente pulverulentos. A textura original é preservada.
4	Muito Alterado	Apresenta minerais primários muito alterados físico e quimicamente, por vezes pulverulentos e friáveis.
3	Medianamente Alterado	Apresenta minerais primários muito alterados físico e quimicamente. Rocha bastante descolorida.
2	Levemente Alterado	Apresenta minerais primários muito alterados físico e químicas incipientes. Rocha ligeiramente descolorida.
1	Rocha Sã	Apresenta minerais primários sem vestígios de alteração.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 23/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Tabela 4.6 – Classificação do grau de resistência do maciço (Modificada BVP 2012).

ISRM (ADAPTADO)										
ÍNDICE DE RESISTÊNCIA ²		Descrição	Rc (MPa)	I.S.	AVALIAÇÃO DE CAMPO					
				(MPa)	martelo	risco canivete ¹	queda canivete	raspagem canivete ¹	risco unha	pressão manual
R6		Extremamente resistente	>250	>10	lascada	-	-	-	-	-
R5		Muito resistente	100-250	4-10	quebra com dificuldade com vários golpes	-	-	-	-	-
R4		Resistente	50-100	2-4	quebra com vários golpes	risco superficial	-	-	-	-
R3		Medianamente resistente	25-50	1-2	quebra com dificuldade com um golpe		ponto pequeno	com muita dificuldade	-	-
R2	R2 ⁺	Pouco Resistente	10-25	-	quebra com um golpe	risca	ponto grande	com dificuldade	-	-
	R2 ⁻	Branda	5-10		fragmenta com um golpe			produz pó	risco superficial	-
R1	R1 ⁺	Muito branda superior	3-5	-	fragmenta com um golpe	risca fundo	ponto grande	com facilidade produz muito pó	risca	quebra pontualmente
	R1 ⁻	Muito branda inferior	1-3					desagrega	corta (separa)	penetra
R0		Extremamente branda	0.25-1	-	-	-	penetra	-	corta	desagrega

Tabela 4.7 – Tabela de Classificação da Compacidade dos Solos Argilosos/Siltosos, segundo ISRM.

ISRM				
SOLOS ARGILOSOS				SPT
		Rc (MPa)		
S6	Dura	>0,5	Indentada pelo polegar com dificuldade.	>30
S5	Muito rija	0,25 a 0,5	Facilmente indentada pelo polegar.	>19
S4	Rija	0,1 a 0,25	Facilmente indentada pelo polegar, mas penetrada só com grande esforço.	11 a 19
S3	Média	0,05 a 0,1	Penetrável com dificuldade vários centímetros pelo polegar.	6 a 10
S2	Mole	0,025 a 0,05	Facilmente penetrável vários centímetros pelo polegar.	3 a 5
S1	Muito mole	<0,025	Facilmente penetrável vários centímetros pelo punho.	<2

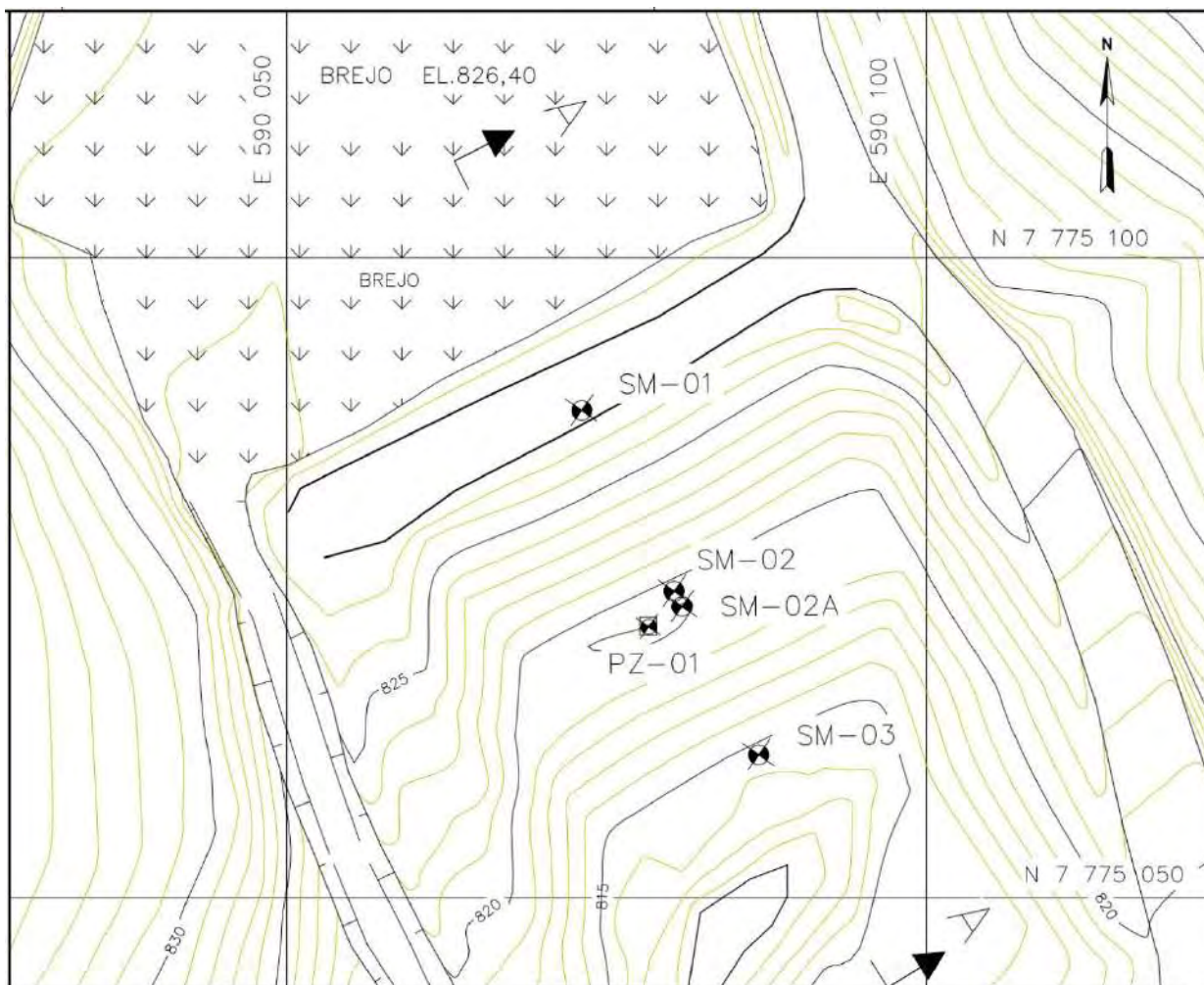
Conforme Domus (2012) (ref. DOM-BM1-RDP-01), a Barragem Menezes I foi implantada no local do domínio geológico das rochas arqueanas, pertencentes à unidade estratigráfica denominada Gnaiss Souza Neschese – representante local dos Complexos Ortognáissicos – constituída por gnaiss graníticos, com foliação incipiente, equigranulares, com granulometria média, coloração cinza clara a esbranquiçada.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 24/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

No local o maciço rochoso gnáissico, são, muito consistente e pouco fraturado, comparece, em geral, capeado por manto de alteração de espessura variável, constituído por horizontes de solo residual e de saprólito, de textura arenosa, pouco siltosa, e por solos de origem transportada – colúvio – com textura argilo-arenosa e coloração marrom avermelhada, dominado superficialmente as vertentes. Depósitos de canga limonítica ocorrem localizadamente, sobreposto ao gnaiss de fundação. Depósitos antrópicos são representados pelo aterro da barragem, pelos sedimentos finos por ele contidos e que assoreiam parcialmente o reservatório e também pelos sedimentos finos provenientes da limpeza do reservatório, lançados na região a jusante da barragem.

Esse aterro, que compõe o maciço de barramento, é constituído por materiais de textura areno-siltosa, pouco argilosa, com pedregulhos, certamente provenientes de área de empréstimo ou da utilização de estéril advindo de decapeamento de mina. São apresentados nos estudos de As Is da Domus (2012), o desenho BM1-AI-EG-04, em planta na Figura 4.8 e seção geológico-geotécnica apresentada na Figura 4.9. A seção elaborada por Domus (2012) (ref. BM1-AI-EG-04), foi brevemente adaptada e empregada nas análises geotécnicas (seção AA), do item 4, detalhamento das alternativas.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 25/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0



PLANTA
ESC.: 1:250

Figura 4.9 – Seção A-A em planta do Projeto As Is Domus (2012) (ref. BM1-AI-EG-04)

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 26/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

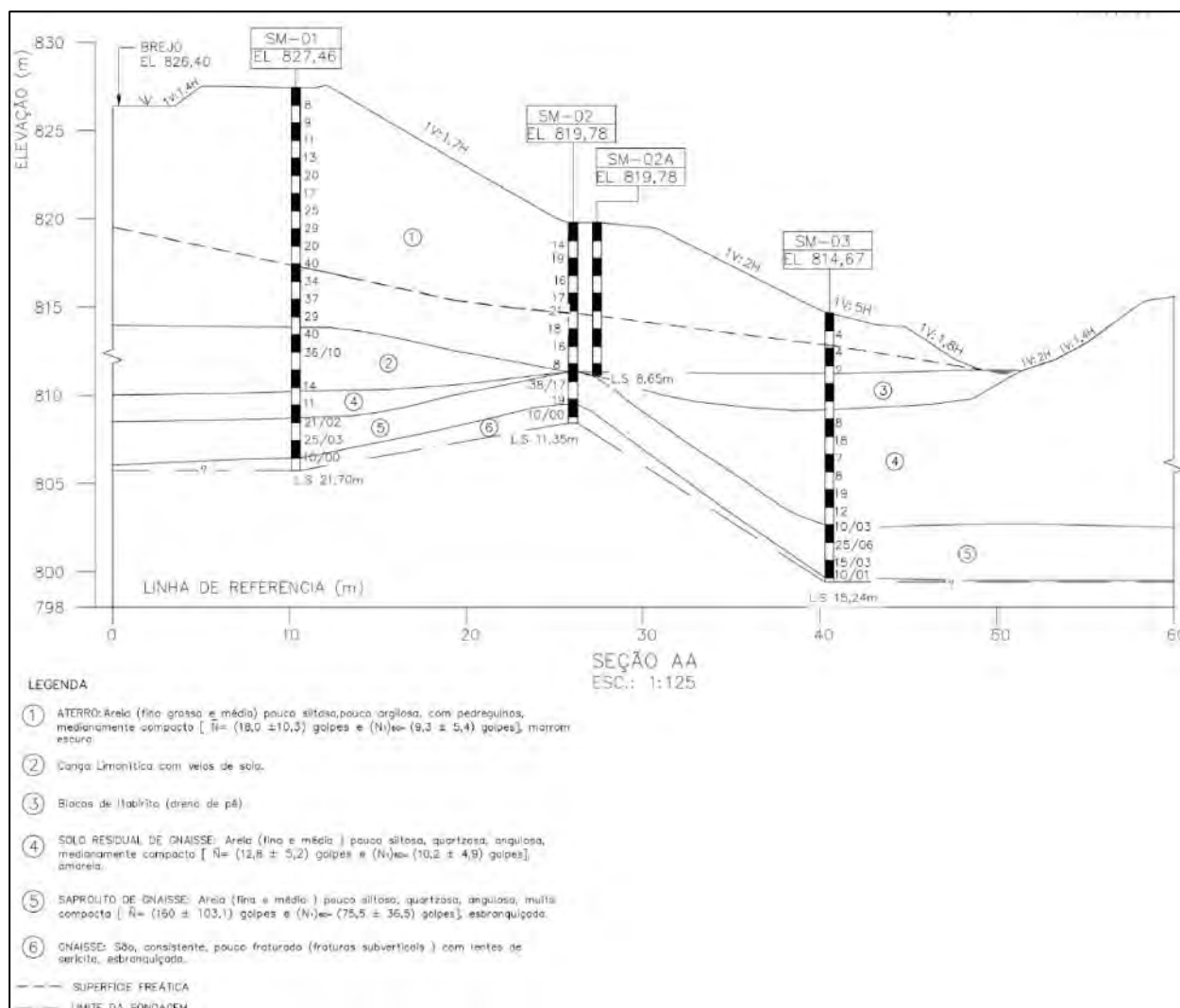


Figura 4.10 – Seção ao longo do eixo da Barragem Menezes I, interpretada por Domus (2012) (ref. BM1-AI-EG-04).

O Mapa Geológico-Geotécnico do Projeto de As Is executado pela Tetra Tech (ref. 1850JJ-X-31212) apresentado na Figura 4.10, tem informações sobre os materiais aflorantes ao longo das ombreiras, e área a jusante da Barragem Menezes I. Ao longo da ombreira esquerda foi mapeado solo residual maduro de gnaise, em contato com filito ambos do Complexo Bonfim, e também em contato com colúvio. Já na ombreira direita foram identificados materiais de cobertura cenozoica, como colúvio e canga laterítica. Na região a jusante da Barragem Menezes I foi mapeado presença de colúvio e solo residual maduro de gnaise. Ressalta-se que a seção B-B do As Is não foi disponibilizada ainda para a BVP Engenharia.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 27/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

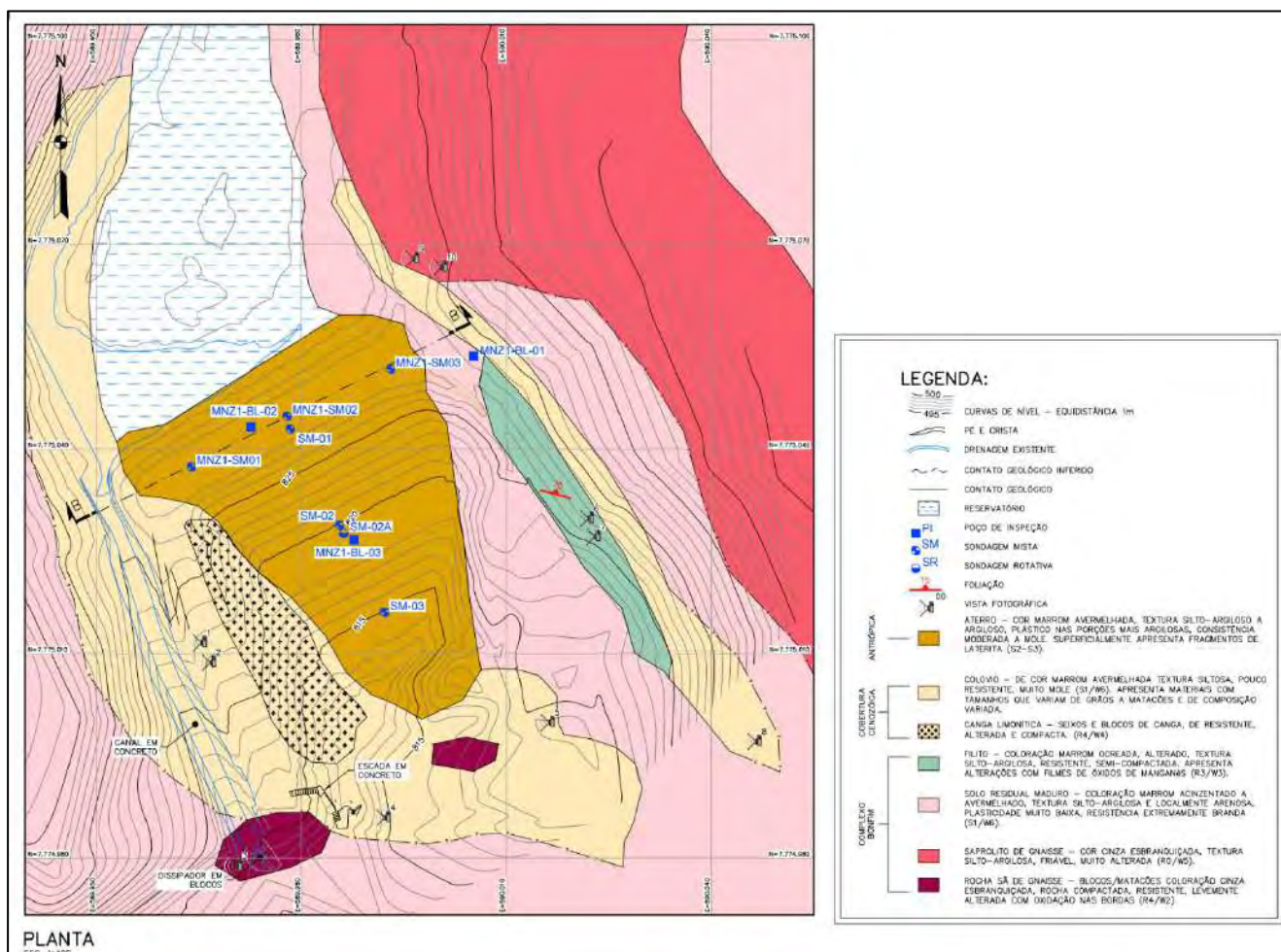


Figura 4.11 – Mapa Geológico-Geotécnico do Projeto As Is da Tetra Tech (2020) (ref. 1850JJ-X-31212)

A BVP realizou o mapeamento geológico da região do projeto no mês de abril de 2021, onde foram identificados materiais semelhantes aos do mapa geológico do projeto de As Is da Tetrattech, com exceção do filito na margem esquerda, que não foi identificado em campo, colúvio identificado na ombreira direita e do material descrito como canga limonítica. A seguir é apresentado o mapa produzido pela BVP assim como detalhes identificados em campo.

A Figura 4.12 apresenta o recorte do mapa geológico produzido pela BVP para a fase do projeto básico de descaracterização da Menezes I (doc.ref. 1850JJ-X-31316).

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201 Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	PÁGINA 28/97 REV. 0

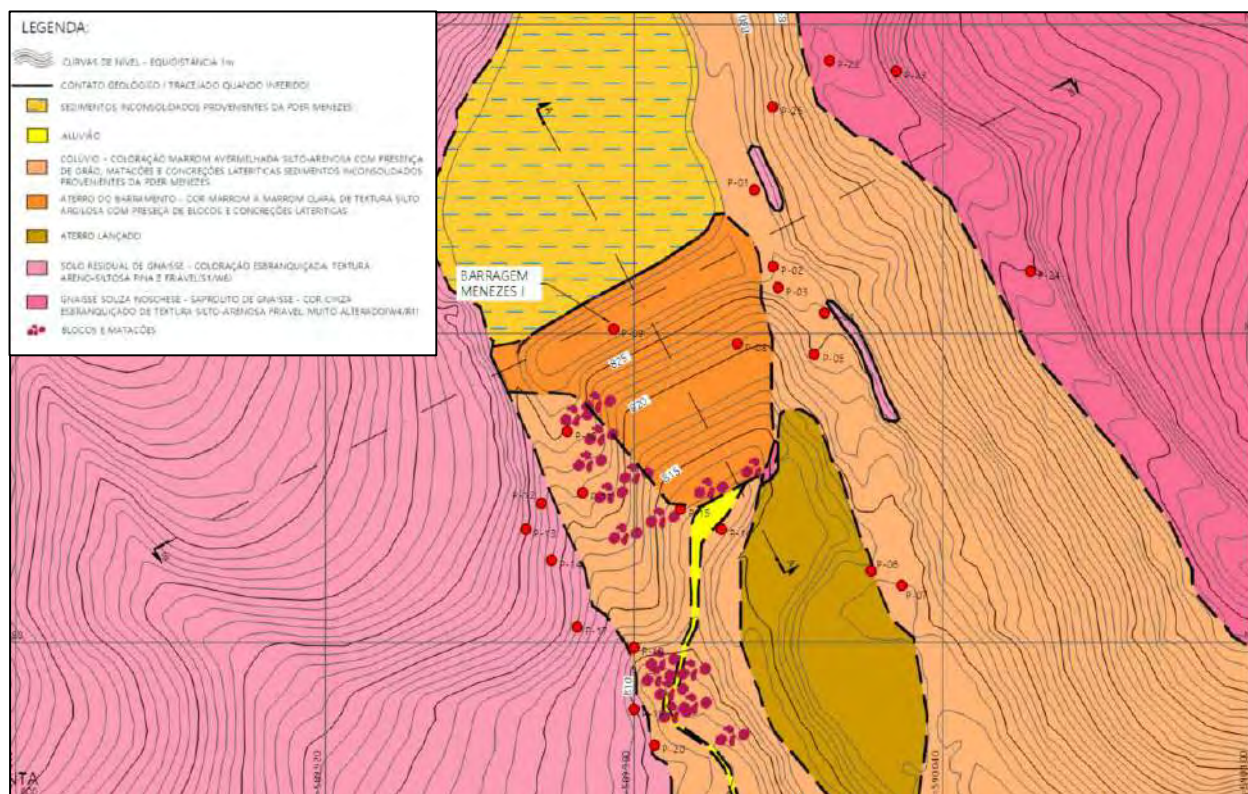


Figura 4.12 – Mapa Geológico-Geotécnico desenvolvido pela BVP para o Projeto Básico de Descaracterização da Menezes I (recorte ref. 1850JJ-X-31316)

Durante o mapeamento da região da ombreira direita, inicialmente caracterizada como colúvio pelo As Is, foi possível observar solo de alteração de Gnaiss exposto em superfície, conforme Foto 4.1.



Foto 4.1 - Solo de Alteração de Gnaiss exposto na região da ombreira direita

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 29/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Na região da ombreira direita, próximo ao canal extravasor, foram identificados bloco e matacões lançados, de dimensões decimétricas a métricas de Formação Ferrífera, conforme Foto 4.2.

No mapeamento de As Is esse material foi inicialmente caracterizado como canga limonítica porém foi possível observar em campo que a maior parte dos blocos são de formação ferrífera.



Foto 4.2 - Blocos lançados na região próxima a ombreira direita do barramento



Foto 4.3 - Detalhe dos blocos de Formação Ferrífera lançados na região próxima ao extravasor

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 30/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

A Foto 4.4 apresenta uma vista geral do maciço da barragem, de jusante para montante a partir da ombreira direita.



Foto 4.4 - Vista de Jusante para montante do barramento a partir da Ombreira Direita.

No trecho de jusante da barragem foi identificado, com auxílio de foto aérea fornecidas pela Vale, uma região a existência de material proveniente da limpeza do reservatório, conforme Foto 4.5.



Foto 4.5 - Fotografia aérea evidenciando o material proveniente da limpeza do reservatório (em vermelho), lançado a jusante da barragem.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 31/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Na região da ombreira esquerda, próximo aos pontos de mapeamento 01, 04 e 05, foram observados locais onde pode ser visualizado o solo de alteração do gnaiss em meio ao colúvio que recobre boa parte da área, conforme Foto 4.6.



Foto 4.6 - Solo de alteração do Gnaiss em meio a cobertura coluvionar

Na região do acesso da barragem, próximo ao ponto de mapeamento 21, foi identificado saprolito de Gnaiss de coloração esbranquiçada, com estrutura reliquiar incipiente de textura areno-siltosa, conforme Foto 4.7.



Foto 4.7 - Saprolito de Gnaiss identificado no acesso a barragem de Menezes 1

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 32/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Por fim, recobrando parte da área do mapeamento foi identificado o solo coluvionar de coloração marrom avermelhada com presença de grãos e concreções lateríticas (colúvio laterítico), conforme Foto 4.8.



Foto 4.8 - Colúvio identificado na região da ombreira esquerda com presença de grãos e concreções lateríticas.

A partir das informações disponibilizadas e do mapeamento de campo, foram elaboradas as seções A-A e B-B, Figura 4.13 e Figura 4.14, cuja interpretação geológico-geotécnica foi baseada nos logs das sondagens executadas para a campanha do Projeto As Is Tetra Tech (2020 – Tabela 4.9 - ref. 1850JJ-X-31212), e do projeto de As Is da DOMUS. Ressalta-se que, para essa fase do projeto não foram disponibilizadas fotografias das caixas de sondagem, ficando a interpretação restrita aos boletins de sondagem disponibilizados e dos dados levantados em campo.

Desta forma para melhor caracterizar os materiais existentes na região foi levada em conta a experiência técnica da BVP em projetos que estão em desenvolvimento na região.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 33/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

A Barragem Menezes I está inserida no contexto geológico dos gnaisses arqueanos, cobertos parcialmente por depósitos coluvionares/eluvionares, representando depósitos de tálus, de matriz areno-argilosa com fragmentos de rocha ou de canga laterizada. Esses materiais são comumente denominados de colúvio laterítico ou simplesmente “laterita”, dada a variação esporádica de clastos/seixos em meio a matriz.

A caracterização dos litotipos identificados em campo e nas investigações, com a caracterização geológico-geotécnica da área é apresentada a seguir.

De forma geral, a fundação da barragem é composta por solo residual e saprolito de gnaiss, e colúvio laterítico. O colúvio laterítico existente na fundação foi identificado com base na sondagem, onde o mesmo foi classificado pela DOMUS como “canga com veios de solo” sendo esta canga, a parte grosseira recuperada na sondagem, enquanto que, a parte fina não é recuperada.

Na ombreira esquerda está restrita a ocorrência de solos de cobertura, sobrepostos a solos de alteração de gnaiss, que predominam na ombreira direita. Registros desses materiais podem ser observados no relatório de visita técnica da BVP (2020) (ref. RL-1850JJ-X-31169). Na ocasião da visita, foi possível observar na ombreira esquerda na região jusante, a existência de solo de composição silto-argiloso pouco arenoso (fino a médio) com clastos decimétricos, de coloração típica de material laterizado, conforme apresentado anteriormente

O maciço da barragem é caracterizado como aterro silto-argiloso com presença de areia e pedregulhos variando de 3 a 5 cm. Apresenta grau de consistência variando de moderada a mole com valores de $5 < n_{SPT} > 28$, com trecho de N_{spt} chegado a 45 golpes.

As tabelas Tabela 4.8 e Tabela 4.9 apresentam a interpretação da BVP com base nos boletins de sondagens disponibilizados.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 34/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Tabela 4.8 – Interpretação dos logs de sondagem da DOMUS(2012)

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição
SM-01	E 589978.35 N 7775042.95	827,461	21,70	10,95	0,00	13,45	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					13,45	17,45	Coluvio Laterítico
					17,45	18,70	Solo residual - Areia pouco siltosa, amarela
					18,70	21,00	Saprolito - Areia pouco siltosa esbranquiçada
					21,00	21,70	Gnaisse
SM-02	E 589985.57 N 7775028.83	819,785	11,35	5,93	0,00	8,45	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					8,45	10,55	Saprolito - Areia pouco siltosa esbranquiçada
					10,55	11,35	Gnaisse
SM-02A	E 589986.18 N 7775027.63	819,785	8,65	-	0,00	8,65	Areia (fina, grossa e média), siltosa, pouco argilosa, com pedregulhos, marrom escura.
SM-03	E 589992.16 N 7775016.05	814,672	15,17	2,64	0,00	3,30	Aterro - Areia pouco siltosa, marrom
					3,30	3,60	Transição pedregulhos
					3,60	5,42	Dreno - blocos de rocha
					5,42	8,25	Solo residual - Areia pouco siltosa, amarela
					8,25	12,00	Solo residual - Areia pouco siltosa, esbranquiçada
					12,00	15,17	Saprolito - Areia pouco siltosa, esbranquiçado
					15,17	15,25	Gnaisse

Tabela 4.9 – Interpretação dos logs de sondagem da Geocontrole (2020), campanha de investigação geológico-geotécnica da Tetra Tech (2020)

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição
MNZ1-SM-01	E 589.963,851 N 7.775.037,373	828,984	24,00	12,55	0,00	14,00	Aterro silto-argiloso, arenoso, com pedregulhos de até 3,0 cm.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 35/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Sondagem ID	Coordenadas	Elevação (m)	Profundidade		Interpretação		
			Furo (m)	N.A. (m)	De (m)	Até (m)	Descrição
					14,00	15,00	Solo residual, argilo siltoso, com pedregulhos de até 5cm.
					15,00	16,00	Saprolito de Gnaiss siltoso arenoso
					16,00	26,00	Gnaiss são pouco fraturado a muito fraturado
MNZ1-SM-02	E 589.977,927 N 7.775.044,860	828,932	21,00	15,13	0,00	16,45	Aterro argilo-siltoso, arenoso com pedregulhos de até 5,0 cm de hematita compacta.
					16,45	21,00	Colúvio Laterítico
					21,00	26,00	Gnaiss são pouco fraturado a muito fraturado
MNZ1-SM-03	E 589.993,068 N 7.775.051,746	828,84	20,00	14,47	0,00	10,00	Aterro silto-argiloso, arenoso, com pedregulhos de até 3,0 cm.
					10,00	13,00	Saprolito, argilo siltoso, com pedregulhos de até 5cm.
					13,00	20,00	Gnaiss são pouco fraturados a muito fraturado

Com base nos dados acima apresentados, foi feita a interpretação da seção A-A e B-B longitudinal e transversal a Barragem Menezes I, apresentada na Figura 4.13 e Figura 4.14.

Cabe ressaltar que no contato do maciço com a fundação foi identificado um horizonte classificado inicialmente como canga laterítica (SM-01 - Domus, 2012). Porém, por se tratar de um vale encaixado, onde a ocorrência de solos transportados é comum, e a distância da área fonte dos materiais ferruginosos que compõe os clastos desse solo (Itabiritos da serra do curral), a BVP entende tratar-se de um solo transportado. A recuperação desse tipo de solo em sondagens é comumente penalizada, uma vez que

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 36/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

há sempre perda da matriz, recuperando muitos pedregulhos ou seixos de rocha/canga laterítica, com “veios de solo” esporádicos, conforme descrito pela Domus na sondagem SM-01.

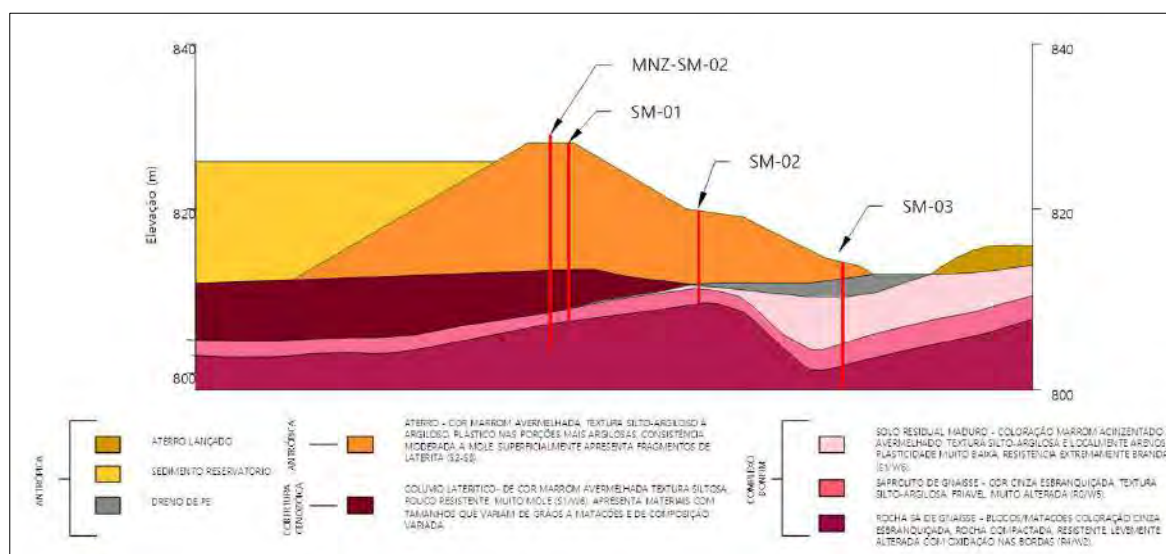


Figura 4.13 – Seção Geológico-Geotécnica A-A interpretada pela BVP a partir dos logs de sondagem da Geocontrol 2020 e mapa Geológico-Geotécnico

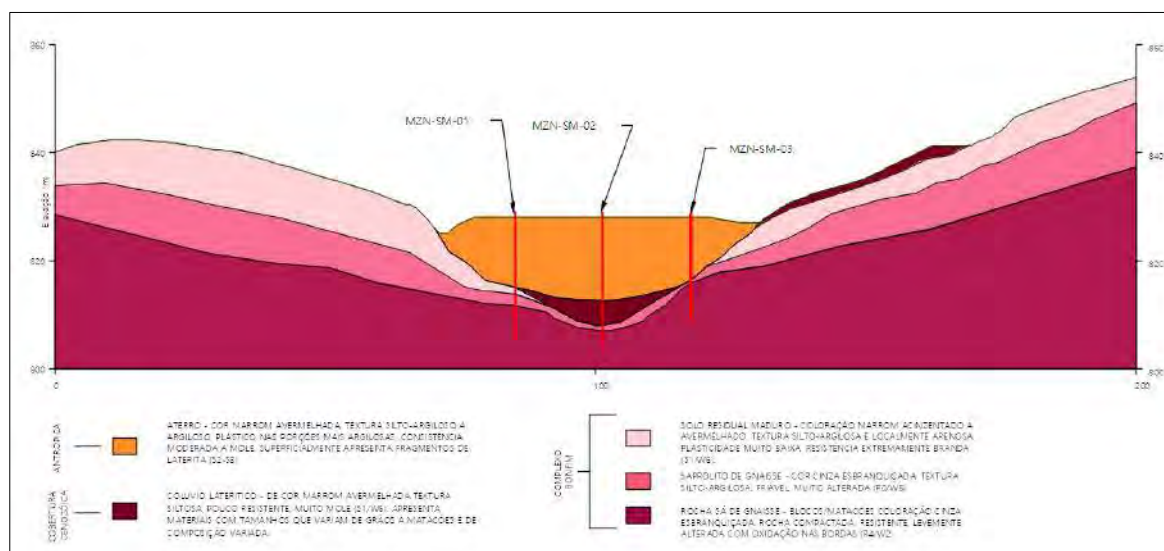


Figura 4.14 – Seção Geológico-Geotécnica B-B interpretada pela BVP a partir dos logs de sondagem da Geocontrol 2020 e mapa Geológico-Geotécnico.

Nas próximas fases de desenvolvimento do projeto estão previstas a execução de investigações geológico-geotécnicas adicionais de modo refinar o entendimento do barramento, ombreiras e fundação.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 37/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

5. METODOLOGIA

A seguir são apresentadas as metodologias que foram utilizadas para o desenvolvimento do Projeto de descaracterização da Barragem Menezes I.

5.1 NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÕES DE REFERÊNCIA

Para o desenvolvimento dos estudos foi considerado a última edição dos códigos e normas citados a seguir, além das leis e regulamentações das autoridades locais.

Lei Federal
12.334/2010

Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB e a criação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens - SNISB.

ABNT NBR
13.028:2017

Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimento e reservação de água – Requisitos.

ANM Portaria nº
70.389/2017

Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração.

ANM Resolução nº
13/2019

Estabelece a atualização das medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido. Revoga a "Resolução 4 / 2019 - ANM".

SEMAD/FEAM
Termo de
Referência nº
2.784/2019

Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem. Este TR foi construído por um comitê de especialistas, instituído pela Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784 de 21 de março de 2019.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 38/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

5.2 METODOLOGIAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

5.2.1 Caracterização dos materiais de fundação

A caracterização geológico-geotécnica da fundação e entorno da Barragem Menezes I será apresentada na forma de seções e mapa para dar suporte às análises de estabilidade do projeto de reforço da estrutura.

Ressalta-se que também serão utilizados os dados disponibilizados referentes aos relatórios disponíveis da estrutura, bem como quaisquer dados de investigações que foram disponibilizados para auxiliar na interpretação dos cenários geológico-geotécnico da área. Além disso, também será baseada no mapeamento geológico feito pela BVP.

A interpretação hidrotécnica das seções deverá ser feita a partir dos dados de monitoramento de N.A, a serem fornecidos pela VALE e extrapolações que se fizeram necessárias, devidamente validadas com a equipe responsável pelo projeto.

5.2.2 Análises de estabilidade

- Foram simulados cenários de análise de estabilidade com o objetivo de estudar o desmonte da estrutura de forma a verificar a segurança geotécnica durante o sequenciamento construtivo. Serão apresentados cenários de estabilidade para a condição final da região após a descaracterização da estrutura.
- Devido à falta de informações sobre a linha freática nas ombreiras, nas análises de estabilidade das ombreiras, a linha freática no maciço da barragem foi inferida com base nos dados dos instrumentos existentes, e nas ombreiras foi arbitrada considerando duas condições, passando no contato solo residual maduro/saprolito de gnaiss e no contato saprolito de gnaiss/rocha sã de gnaiss.
- Nas análises de estabilidade das ombreiras para a etapa de remoção do maciço da barragem na El.815,00m, foi verificada a estabilidade para a condição crítica com fator de segurança mínimo exigido por norma de 1,30, para a condição de elevação do nível freático que possa ocorrer nos períodos chuvosos.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 39/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

- Os níveis freáticos nas ombreiras da barragem serão revisados na etapa do Projeto Básico, após o recebimento dos dados das sondagens a serem realizadas e instrumentos a serem instalados, conforme previsto na ET-1850JJ-X-00023.
- No programa de investigações proposto, serão instalados instrumentos de monitoramento nos furos de sondagem nas ombreiras, de forma a termos o conhecimento da linha freática para a fase do Projeto Básico.
- Para a condição final de estabilidade das ombreiras direita e esquerda da Barragem Menezes I será considerado o fator de segurança igual a 1,5 (considerando a norma de barragens NBR 13028).
- A remoção do maciço da barragem será realizada após a retirada dos sedimentos do reservatório. A princípio, serão realizadas análises de rebaixamento rápido no talude de montante da barragem, considerando como rebaixamento os níveis de remoção do sedimento do reservatório, conforme indicado na sequência construtiva.
- Diante da falta de informações de ensaios de laboratório no solo residual de gnaiss, não é possível confirmar que este litotipo terá um comportamento não drenado. Por conta disso, na fase atual do projeto conceitual, não serão realizadas análises não drenadas no solo residual. Após o os ensaios e as sondagens previstos na ET-1850JJ-X-00023, será reavaliado tal análises.
- Recomendamos que seja realizado um estudo sísmico para avaliação do potencial de sismicidade na área da Barragem Menezes I. Para as análises pseudo-estáticas, enquanto não se possui o estudo sísmico da região, serão considerados os coeficientes sísmicos adimensionais nas direções horizontal de 0,05g e vertical de 0,03g, de acordo com o estabelecido pela Eletrobrás (2003).
- Os projetos de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água devem atender a condições estabelecidas na Norma Brasileira de Barragens 13.028, no que tange carregamento estático, análise

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 40/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

drenada e não drenada, nível de água normal e nível de água mais desfavorável também designado de crítico e pseudo-estático (abalos sísmicos). Embora a Barragem Menezes I seja um projeto de descaracterização de barragem, serão analisados alguns cenários estabelecidos pela NBR 13.028 no que tange os seguintes critérios de análise: Condição Normal, Condição não drenada e condição Pseudo-estática (solicitação sísmica) de quando a fase de descaracterização da barragem concluída.

Na Tabela 5.1 são apresentados os cenários a serem analisados e seus respectivos fatores de segurança.

Tabela 5.1 – Fatores de Segurança Mínimos Exigidos por Norma

Critério de análise	FS mínimo	Condição	Referência	Talude
Fase executiva e condição final	1,50	Resistência efetiva	NBR 13028	Jusante e Montante
Condição final	1,50	Resistência efetiva	NBR 13028	Ombreiras
Pseudo-estática (solicitação sísmica) ⁽¹⁾	1,10	Resistência efetiva e drenada	NBR 13028	Ombreiras
Rebaixamento Rápido	1,10	Resistência efetiva e total	NBR 13028	Montante
Condição Crítica ⁽²⁾	1,30	Resistência efetiva	NBR 13028	Ombreiras

(1) Acelerações sísmicas: aV.g = 0,03g e aH.g = 0,05g;

(2) Elevação do nível freático nas ombreiras e maciço da barragem na El. 815,00 m.

5.2.2.1 Estudos de Estabilidade de Taludes

Os estudos de estabilidade dos taludes serão desenvolvidos com o auxílio do software Slide 2 (2020), que se baseia na teoria do equilíbrio limite para calcular o fator de segurança. A formulação matemática do software para esses estudos possibilita uma análise simples e/ou complexa dos problemas envolvendo estabilidade, no qual utiliza vários métodos teóricos para o cálculo do fator de segurança, além de permitir que sejam consideradas nas análises propriedades heterogêneas, diferentes estratigrafias e diferentes tipos de ruptura (planar, circular e plano-circular), e de incorporar nas análises o comportamento das pressões neutras atuantes no maciço.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 41/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

As análises serão executadas considerando as fases apresentadas na Tabela 5.1 por meio do método GLE/Morgenstern-Price, o qual leva em consideração as forças entre fatias. Foram consideradas superfícies não circulares de ruptura e o critério de resistência utilizado nas análises foi o critério de ruptura de Mohr-Coulomb.

5.2.2.2 Parâmetros Geotécnicos

Como referido anteriormente, os parâmetros utilizados nas análises são os do critério de ruptura de Mohr-Coulomb (coesão efetiva, c' , ângulo de atrito efetivo, ϕ' , coesão total, c , e ângulo de atrito total, ϕ) para os materiais com comportamento drenado.

A Tabela 5.2 apresenta os parâmetros geotécnicos de resistência ao cisalhamento a serem adotados para todos os materiais envolvidos nas análises de estabilidade.

Tabela 5.2 – Parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade

Material	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	c (kPa)	ϕ (°)	Referência
Aterro compactado	22	6	33	32	17	(1)
Dreno de pé	26	0	42	-	-	(2)
Colúvio Laterítico	19	15	23	-	-	(3)
Solo residual	17	15	33	-	-	(3)
Saprolito	22	0	43	-	-	(2)
Gnaiss	22	40	45	-	-	(2)
Sedimento Reservatório	20	0	20	-	-	(4)

Referências:

- (1) Ensaios de laboratório recebidos do “As Is” de 2020 da Tetra Tech, documentos .xls: EC_12805-AI – Cópia; EC_12807-AI – Cópia; e EC_12809-AI – Cópia.
- (2) Relatório técnico DOM-BM1-RDP-01 – Volume 02: Diagnostico de Performance e “As Is” das estruturas elaborado pela empresa Domus em 2012.
- (3) Inferido através do banco de dados da BVP conforme consta no RL-1850JJ-X-31196 (Critérios e premissas)

Sendo:

- γ – Peso específico;
- c' – Coesão efetiva;
- ϕ' – Ângulo de atrito interno efetivo;
- (4) Parâmetro inferido com base na experiência da BVP.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 42/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

5.3 METODOLOGIAS HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS

5.3.1 Sedimentologia

O projeto de descaracterização considera a condição futura de fechamento da PDE Menezes III na face oeste, sendo interrompido o lançamento de material referente a atividade fim e realizada a vegetação de todo o empilhamento, de modo a reduzir a geração de sedimentos pela estrutura, ou seja, os estudos foram desenvolvidos considerando que no momento de implantação da descaracterização, a drenagem da pilha PDE Menezes III tenha sido totalmente, com exceção do talude oeste, desviada para a Barragem Menezes II, conforme documento RL-2073GG-X-00040.

A Barragem Menezes I foi implantada para contenção de sedimentos vindos da Pilha PDE Menezes III e das áreas de acesso de mina. Porém, após o rompimento da barragem B1, recebe sedimentos oriundos do bota-espera feito para a limpeza do córrego Ferro-carvão, ou seja, o aporte grande de sedimentos é resultado das ações emergenciais pós rompimento.

Os estudos sedimentológicos adotados serão aqueles elaborados nos Estudos de Alternativas, onde a produção específica de sedimentos da bacia de contribuição ou da área que drena para a bacia, dada em ton/km².ano, m³/km².ano ou m³/ha.ano foi calculada considerando as taxas de sedimentação, relativas à geração e transporte dos sedimentos, para cada tipo de uso e ocupação do solo, de 30 m³/ha.ano para Terreno Natural e de 300 m³/ha.ano para Pilha PDE Menezes III, de forma a dar uma estimativa do aporte direcionado para Menezes I, uma vez que a premissa do projeto é recuperar a pilha antes do descomissionamento dessa última.

Devido a indisponibilidade de dados sedimentométricos primários na região, utilizaram-se os valores de contribuição específica de sedimentos citados por Pinheiro (2011), variando de 300 m³/ha.ano a 600 m³/ha.ano para as áreas ocupadas por atividades de mineração. Para reforçar a adoção de tais taxas no projeto de descaracterização de Menezes I, buscaram-se estudos hidrossedimentológicos similares realizados para barragens na mesma área, Barragem Menezes II e Barragem Capim Branco,

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 43/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

documentos RL-2023GG-X-00016 e RL-2024GG-G-00008, respectivamente, onde além da aplicação da metodologia referida acima, levou-se em consideração o histórico de levantamentos topobatimétricos dos reservatórios. Foram elaboradas as curvas cota-volume comparativas e pôde-se avaliar a evolução dos volumes disponíveis ao longo dos anos. A taxa de sedimentação observada entre os anos de 2014 e 2018 foi muito maior se comparada com a taxa observada entre os anos de 2018 e 2019, o que poderia ser explicado pela diminuição das atividades na pilha de estéril (PDE Menezes), ou uma melhor conservação desta, com a vegetação de seus taludes e melhor manejo do estéril refletindo em menor arraste de sedimentos, por exemplo. Os resultados encontrados mostraram que, quando considerados dados teóricos, a produção de sedimentos foi superestimada, o que resultou em uma vida útil menor do que aquela calculada com os levantamentos topobatimétricos, como pode ser visto no exemplo da Barragem Menezes II, abaixo.

Tabela 5.3 – Cálculo da vida útil do reservatório da Barragem Menezes II – Critério 1 – Dados teóricos

Tempo (anos)	Volume Acumulado de Sedimentos (m³)	Elevação (m)
1.00	40,166	785.52
2.00	80,332	787.00
3.00	120,498	788.24
3.85	154,692	789.15
4.00	160,664	789.30

Tabela 5.4 – Cálculo da vida útil do reservatório da Barragem Menezes II – Critério 2 – Comparação dos levantamentos topobatimétricos 2019/2020

Tempo (anos)	Volume Acumulado de Sedimentos (m³)	Elevação (m)
1.00	33,715	785.24
2.00	67,430	786.55
3.00	101,145	787.66
4.00	134,860	788.63
4.59	154,692	789.15
5.00	168,574	789.46

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 44/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

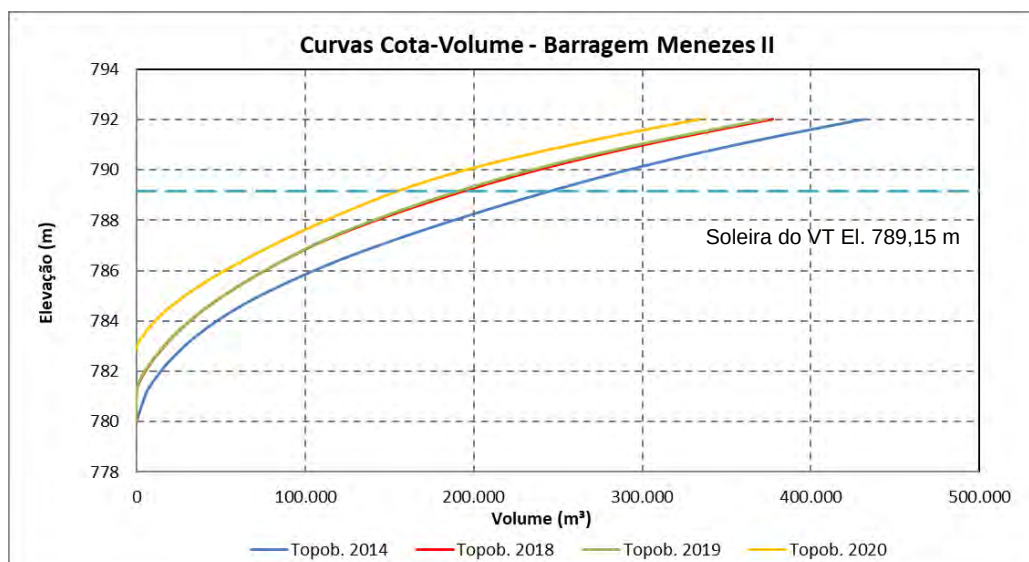


Figura 5.1 – Comparação das curvas cota-volume da Barragem Menezes II – utilizando topobatimetrias de 2014, 2018, 2019 e 2020

Avaliando ainda as taxas de sedimentação, no que tange às bacias naturais, de acordo com o estudo “Diagnóstico das condições sedimentológicas dos principais rios brasileiros”, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS) e Eletrobrás, a região de estudo está localizada na chamada Zona E6 (Zona Mineira). Esta região corresponde à bacia do Alto São Francisco e bacias vizinhas, tanto à leste da Serra do Espinhaço como nas cabeceiras dos rios Grande e Paranaíba. As características da região são o relevo acentuado e a vegetação pouco densa, resultante de intensa ação predatória do homem. A variabilidade pronunciada da erodibilidade dos solos e da Erosividade das chuvas fazem com que o comportamento hidrossedimentológico dos rios seja complexo, porém marcado por altos valores de concentração média anual (CMA) da suspensão (mg/l) e das taxas de erosão. A primeira pode variar de 100 a 1.200 mg/l, em torno de uma média da ordem de 315 mg/l, e a segunda de 90 a 1500 t/ano.km², em torno de uma média de 250 t/ano.km² em bacias da ordem de 5000 km².

Normalmente, as contribuições específicas de sedimentos decrescem com a magnitude da área de drenagem, conforme mostrado na clássica curva envoltória de produção específica de sedimentos de Khosla (obtida em DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 45/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS EM OBRAS DE MINERAÇÃO, 2011), que se apresenta como uma envoltória superior de diversas medições feitas em bacias monitoradas.

Portanto, para as bacias menores, seguindo o que preconiza ambas as publicações, pode ser adotada a taxa de 1500 t/ano.km².

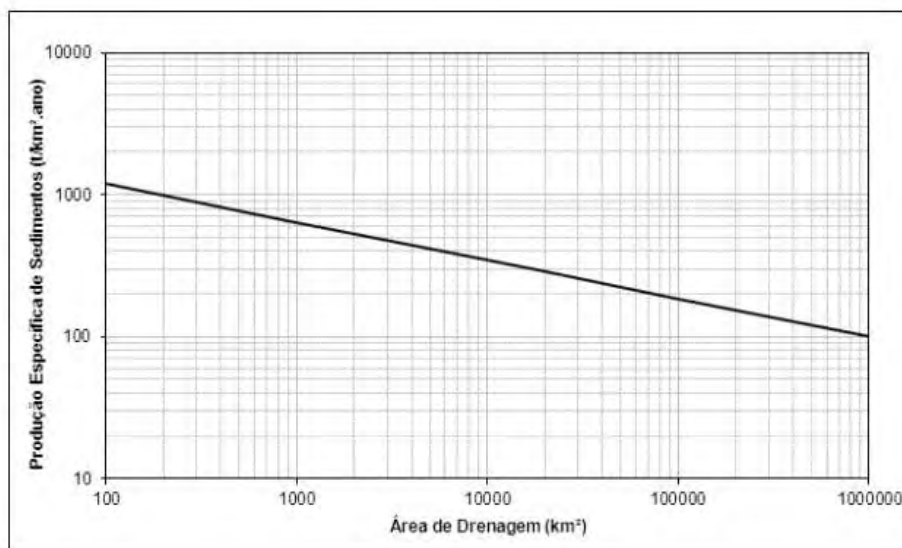


Figura 5.2 – Curva envoltória de produção específica de sedimentos

Considerando uma produção específica de 1500 t/ano.km² (15000 kg/ha.ano) e adotando-se um peso específico médio da ordem de 2000 kg/m³, conforme documento RL-2023GG-X-00005, tem-se uma contribuição específica de sedimentos de 7,5m³/ha.ano (adotou-se no projeto uma contribuição de 30 m³/ha.ano).

Diante do exposto anteriormente, conclui-se que as taxas de sedimentação para bacia natural adotadas no estudo de alternativas para a descaracterização da Barragem Menezes I, estão conservadoras, o que é justificável por dois motivos: a ausência de medições locais que corroborem os valores propostos e as dimensões reduzidas da área de drenagem, que estão no tramo extrapolado da curva teórica apresentada. De acordo com essa curva, presume-se que a produção de sedimentos seja superior a 1000 t/ano.km² para a área estudada, embora não seja possível precisar quão maior ela será.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 46/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Com relação à taxa de produção geral, que considera uma ponderação entre a área de terreno natural e a área da pilha, a média é de 150,75 m³/ha.ano, a partir dos coeficientes teóricos, e de 37,15 m³/ha.ano, a partir dos dados de levantamentos batimétricos, de 2014 a 2020, da Barragem Menezes II e ainda considerando um aumento do lançamento de rejeitos provenientes do rompimento da Barragem I, na pilha de estéril Menezes III.

5.3.3. Estudos hidrológicos

Os estudos hidrológicos foram elaborados com o objetivo de determinar as chuvas de projeto e, posteriormente, as vazões de projeto para dimensionamento das estruturas hidráulicas.

Basicamente, a metodologia adotada nos estudos hidrológicos pode ser resumida na seguinte sequência:

- Avaliação das informações básicas disponíveis;
- Definição do sistema hidrológico para cálculo das vazões de cheias;
- Delimitação das áreas de contribuição às estruturas;
- Definição das características e parâmetros físicos das áreas de contribuição, tais como uso e ocupação do solo, declividades, comprimentos dos talvegues e respectivos tempos de concentração;
- Estudo das chuvas intensas na área do empreendimento, definindo-se as chuvas de projeto, em função das durações críticas encontradas;
- Cálculo das vazões inerentes às estruturas.

5.3.3.1 Chuva de Projeto

Em geral, para caracterização de um evento pluviométrico é necessário conhecer sua função “intensidade duração e frequência” – curva IDF. Dessa maneira, este item apresenta os quantis de chuva máxima anual, os quais foram utilizados no dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial a serem executados.

A definição das chuvas de projeto a serem adotadas nos estudos hidrológicos foi realizada a partir de estudos de chuvas intensas. Foram utilizados os dados, atualizados

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 47/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

em 2020, de quantis de chuva obtidos por análise de frequência regional para a Mina Feijão, apresentados no documento Estudo de Chuvas Intensas e Cálculo da PMP Corredor Sudeste – VALE, elaborado pela POTAMOS.

Tabela 5.5 – Quantis de precipitação (mm) –Mina Feijão

Duração	Tempo de retorno T (anos)										
	2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000	10000
10 min	17,43	22,04	25,03	27,87	28,77	31,51	32,38	34,89	38,15	40,56	48,48
15 min	22,73	28,67	32,50	36,11	37,27	40,73	42,71	45,94	50,11	53,16	63,16
20 min	26,48	33,37	37,80	41,96	43,29	47,27	50,04	53,78	58,59	62,10	73,57
30 min	31,78	40,00	45,26	50,21	51,79	56,50	60,37	64,83	70,55	74,70	88,25
1 h	40,83	51,33	58,03	64,31	66,31	72,26	78,03	83,73	91,00	96,25	113,34
2 h	52,88	66,79	75,80	84,32	87,04	95,23	103,25	111,19	121,49	129,08	154,02
3 h	59,93	75,83	86,19	96,03	99,16	108,66	118,00	127,26	139,33	148,29	177,82
4 h	64,94	82,25	93,57	104,34	107,76	118,19	128,46	138,66	151,98	161,92	194,70
6 h	71,99	91,29	103,96	116,05	119,89	131,62	143,21	154,73	169,82	181,12	218,49
8 h	76,99	97,70	111,33	124,36	128,49	141,15	153,67	166,13	182,48	194,75	235,38
10 h	80,87	102,68	117,05	130,80	135,16	148,54	161,79	174,97	192,29	205,32	248,47
12 h	84,04	106,75	121,73	136,06	140,62	154,58	168,42	182,19	200,31	213,96	259,17
18 h	91,09	115,79	132,12	147,77	152,74	168,02	183,17	198,26	218,15	233,16	282,97
24 h	96,09	122,21	139,50	156,08	161,34	177,55	193,63	209,66	230,81	246,79	299,85
2 d	122,80	157,39	180,29	202,26	209,23	230,69	252,00	273,23	301,24	322,41	392,70
3 d	150,10	191,90	219,57	246,11	254,53	280,47	306,22	331,87	365,71	391,29	476,21
5 d	193,20	246,82	282,32	316,37	327,18	360,45	393,48	426,39	469,81	502,63	611,58
7 d	228,20	291,08	332,71	372,65	385,31	424,34	463,07	501,67	552,58	591,07	718,83
10 d	272,41	346,00	394,72	441,45	456,28	501,94	547,27	592,44	652,03	697,06	846,58
15 d	332,66	423,30	483,31	540,88	559,14	615,39	671,23	726,86	800,26	855,73	1039,90
20 d	383,69	486,79	555,04	620,52	641,29	705,27	768,77	832,05	915,53	978,62	1188,10
30 d	469,51	591,35	672,02	749,40	773,95	849,56	924,62	999,40	1098,06	1172,63	1420,20

De posse dos valores apresentados na Tabela 5.5 torna-se necessário o cálculo da intensidade da chuva para os tempos de retorno e tempos de duração necessários. O cálculo da intensidade das precipitações é dado pela 1. A Tabela 5.6 apresenta as intensidades de chuva, em mm/hora, associadas aos quantis de chuva da Mina Feijão.

$$i = \frac{P}{T}$$

Equação 5.1

Onde:

P = precipitação (mm);

T = duração (horas).

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 48/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Tabela 5.6 – Intensidade de chuva (mm/h) – Mina Feijão

Duração	Tempo de retorno T (anos)										
	2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000	10000
10 min	104,59	132,22	150,19	167,21	172,63	189,03	194,28	209,34	228,89	243,34	290,87
15 min	90,91	114,66	130,00	144,46	149,07	162,91	170,84	183,76	200,43	212,64	252,63
20 min	79,45	100,10	113,39	125,89	129,88	141,82	150,12	161,35	175,78	186,30	220,71
30 min	63,55	79,99	90,53	100,42	103,58	112,99	120,75	129,67	141,11	149,41	176,50
1 h	40,83	51,33	58,03	64,31	66,31	72,26	78,03	83,73	91,00	96,25	113,34
2 h	26,44	33,39	37,90	42,16	43,52	47,61	51,62	55,60	60,75	64,54	77,01
3 h	19,98	25,28	28,73	32,01	33,05	36,22	39,33	42,42	46,44	49,43	59,27
4 h	16,23	20,56	23,39	26,08	26,94	29,55	32,12	34,67	38,00	40,48	48,67
6 h	12,00	15,21	17,33	19,34	19,98	21,94	23,87	25,79	28,30	30,19	36,42
8 h	9,62	12,21	13,92	15,54	16,06	17,64	19,21	20,77	22,81	24,34	29,42
10 h	8,09	10,27	11,71	13,08	13,52	14,85	16,18	17,50	19,23	20,53	24,85
12 h	7,00	8,90	10,14	11,34	11,72	12,88	14,04	15,18	16,69	17,83	21,60
18 h	5,06	6,43	7,34	8,21	8,49	9,33	10,18	11,01	12,12	12,95	15,72
24 h	4,00	5,09	5,81	6,50	6,72	7,40	8,07	8,74	9,62	10,28	12,49
2 d	2,56	3,28	3,76	4,21	4,36	4,81	5,25	5,69	6,28	6,72	8,18
3 d	2,08	2,67	3,05	3,42	3,54	3,90	4,25	4,61	5,08	5,43	6,61
5 d	1,61	2,06	2,35	2,64	2,73	3,00	3,28	3,55	3,92	4,19	5,10
7 d	1,36	1,73	1,98	2,22	2,29	2,53	2,76	2,99	3,29	3,52	4,28
10 d	1,14	1,44	1,64	1,84	1,90	2,09	2,28	2,47	2,72	2,90	3,53
15 d	0,92	1,18	1,34	1,50	1,55	1,71	1,86	2,02	2,22	2,38	2,89
20 d	0,80	1,01	1,16	1,29	1,34	1,47	1,60	1,73	1,91	2,04	2,48
30 d	0,65	0,82	0,93	1,04	1,07	1,18	1,28	1,39	1,53	1,63	1,97

Com relação à discretização temporal dos quantis de chuva, adotou-se o intervalo de discretização (Δt) igual a 20% do tempo de concentração da bacia ($\Delta t = t_c/5$), como forma de se obter uma relação matemática compatível com a fórmula de cálculo do Método do Hidrograma Unitário. Por meio do método de Huff, adotando a curva do 2º quartil e 50% de probabilidade de ocorrência para a distribuição dos blocos de precipitação (CHOW et al., 1988).

Os hietogramas totais foram transformados em efetivos por meio da metodologia proposta pelo US SCS – United States Soil Conservation Service. Nesse sentido, a condição atual de uso e ocupação do solo nos terrenos da bacia de contribuição foi mapeada, permitindo a adequada determinação dos parâmetros do modelo SCS.

A metodologia adotada encontra-se incorporada ao software HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), em sua versão 3.5, elaborado pelo Hydrologic Engineering Center do US Army Corps of Engineers, sendo esse modelo utilizado para a geração dos hietogramas efetivos.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 49/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

O cálculo dos hidrogramas de escoamento superficial foi realizado por meio da convolução dos hietogramas de precipitação efetiva, utilizando o Hidrograma Unitário Triangular Sintético (HUTS) proposto pelo SCS. A metodologia baseia-se em relações geométricas, pois considera que o hidrograma de cheia apresenta formato triangular, que é numericamente igual ao volume do escoamento superficial. Para se obter o hidrograma de cheia, divide-se a chuva de projeto em intervalos de tempo e para cada uma delas aplica-se a correspondente precipitação efetiva.

A metodologia de construção do HUTS do SCS encontra-se incorporada ao HEC-HMS, de forma que este “software” foi também utilizado para a transformação chuva-vazão.

5.3.3.2 Caracterização da Bacia

A bacia de contribuição para a Barragem Menezes I é composta por mata natural e pela PDE Menezes. Considerando que o uso e a ocupação das áreas são bem definidos, para a presente revisão do estudo, a área da bacia de contribuição foi dividida em 2 sub-bacias, a primeira é a área natural e a segunda relativa à pilha, conforme Figura 5.3. As características geomorfológicas da bacia de contribuição, as quais são de interesse para as análises hidrológicas da Barragem Menezes I estão apresentadas na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Caracterização geomorfológica da bacia de contribuição

Nome da Área	Área de Drenagem (km ²)	Comprimento do Talvegue Principal (km)	Declividade do Talvegue Principal (%)	Uso e Ocupação Predominante
SB1	0,57	1,1	9,6	Mata Natural
SB2	0,45	1,41	Variável (bermas)	Pilha

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 50/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

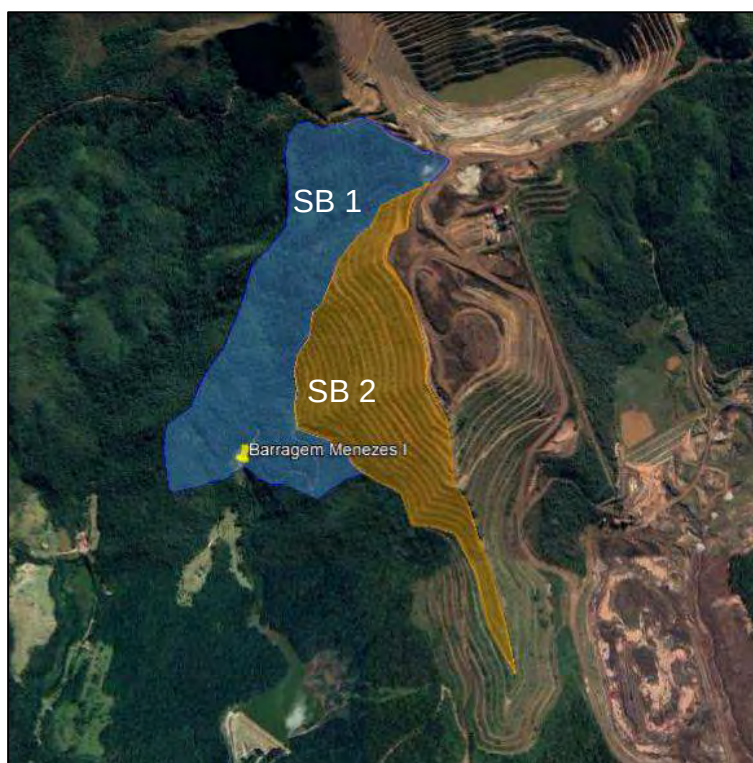


Figura 5.3 – Área de Drenagem da Barragem Menezes I

A partir da caracterização geomorfológica da bacia de contribuição, foram determinados alguns parâmetros para as simulações hidrológicas desenvolvidas, apresentados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Parâmetros de modelagem hidrológica da bacia de contribuição

Nome da Área	T _c (minutos)	Lagtime (minutos)	Δt Hietogramas (minutos)	CN	I _a (mm)	% A _{imp} *
SB1	32,4	19,4	1,0	60	33,9	0
SB2	20,7	12,4	1,0	74	17,8	0

* A área impermeável foi previamente considerada para o cálculo do CN.

Na Tabela 5.8 tem-se que:

T_c (tempo de concentração): para a SB1 (área natural) foi calculado pela média aritmética dos tempos de concentração determinados a partir das fórmulas de Kirpich e GB Willians. Para a SB2 foi calculado pelo método cinemático.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 51/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Kirpich $\rightarrow t_c = 57 + (L^3/H)^{0,385}$

- t_c = tempo de concentração, em minutos;
- L = comprimento do curso d'água, em km;
- H = desnível máximo, em metros.

GB Willians $\rightarrow t_c = (0,61 \cdot L) / (A^{0,11} \cdot S_e^{0,20})$

- t_c é o tempo de concentração (horas);
- L o comprimento longitudinal (km);
- S_e a declividade média em porcentagem.

Cinemático $\rightarrow t_c = 7,35 \cdot (n^{0,6}) \cdot (i^{-0,4}) \cdot (L^{0,6}) \cdot (S_e^{-0,3})$

- t_c é o tempo de concentração (horas);
- n o número de manning;
- i a intensidade de chuva (mm/h);
- L o comprimento longitudinal (km);
- S_e a declividade média em porcentagem.

Lagtime: apresenta o tempo de retardo, estimado em (3/5) do (t_c) por recomendação da metodologia do SCS para a transformação chuva-vazão. Conceitualmente, este parâmetro representa o intervalo de tempo existente entre o centro de massa do hietograma e a vazão de pico do hidrograma correspondente.

Δt Hietogramas: apresenta o intervalo de tempo ($\Delta t = 1$ minuto) para a geração dos hietogramas de precipitação total, a partir dos quantis pontuais de precipitação. Por recomendação dos manuais do HEC-HMS esse parâmetro deve ser sempre inferior a 29% do "lagtime". Tal recomendação permite que resultados como as vazões de pico dos hidrogramas sejam melhor caracterizados.

I_a (abstrações iniciais ocorridas nos terrenos da bacia): calculado a partir do CN ($I_a = 0,2 \cdot ((25400/CN) - 254)$), é também utilizado na geração dos hietogramas de precipitação efetiva.

% Aimp: porcentagem de áreas impermeáveis nos terrenos das bacias.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 52/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

CN (Número da Curva): Índice do método do SCS para a geração dos hietogramas efetivos a partir dos totais. Esse parâmetro depende do uso e ocupação do solo nos terrenos das bacias e foi determinado para a condição média de umidade antecedente (CN-II) e solo com a capacidade de infiltração média. Adotou-se como referência para CN os valores recomendados por Chow (1988). Esses critérios são citados e definidos no método do SCS, sendo aqui escolhidos aqueles recomendados no âmbito de projeto.

5.2.3.3 Resultados das simulações

Para os dimensionamentos hidráulicos das estruturas, foi considerada a vazão máxima quando da passagem da cheia com TR 10.000 anos, para dimensionamento ou verificação da capacidade. A vazão máxima é atingida durante um evento de 2 horas de duração, conforme Tabela 5.9 abaixo.

Tabela 5.9 – Vazões máximas para diferentes Tempos de Recorrência

Duração	Vazões Máximas (m³/s)			
	500 anos	1000 anos	10000 anos	PMP
1 hora	11.1	12.6	17.5	24.8
2 horas	13.3	15.0	20.6	25.9
4 horas	11.8	13.1	17.8	21.4
6 horas	9.9	11	14.7	17.4
8 horas	8.5	9.4	12.5	14.8
10 horas	7.4	8.2	10.9	12.9
12 horas	6.6	7.3	9.6	11.4
18 horas	5	5.6	7.3	8.1
1 dia	4.1	4.5	6	7.3
2 dias	3	3.3	4.2	
3 dias	2.6	2.8	3.6	
5 dias	2.1	2.3	2.9	
7 dias	1.9	2	2.5	
10 dias	1.6	1.7	2.1	
15 dias	1.3	1.4	1.8	
20 dias	1.2	1.2	1.5	
30 dias	0.9	1	1.2	

A Figura 5.4 abaixo mostra os hidrogramas de vazões para diferentes TRs, resultante das simulações hidrológicas do software HEC-HMS.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 53/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

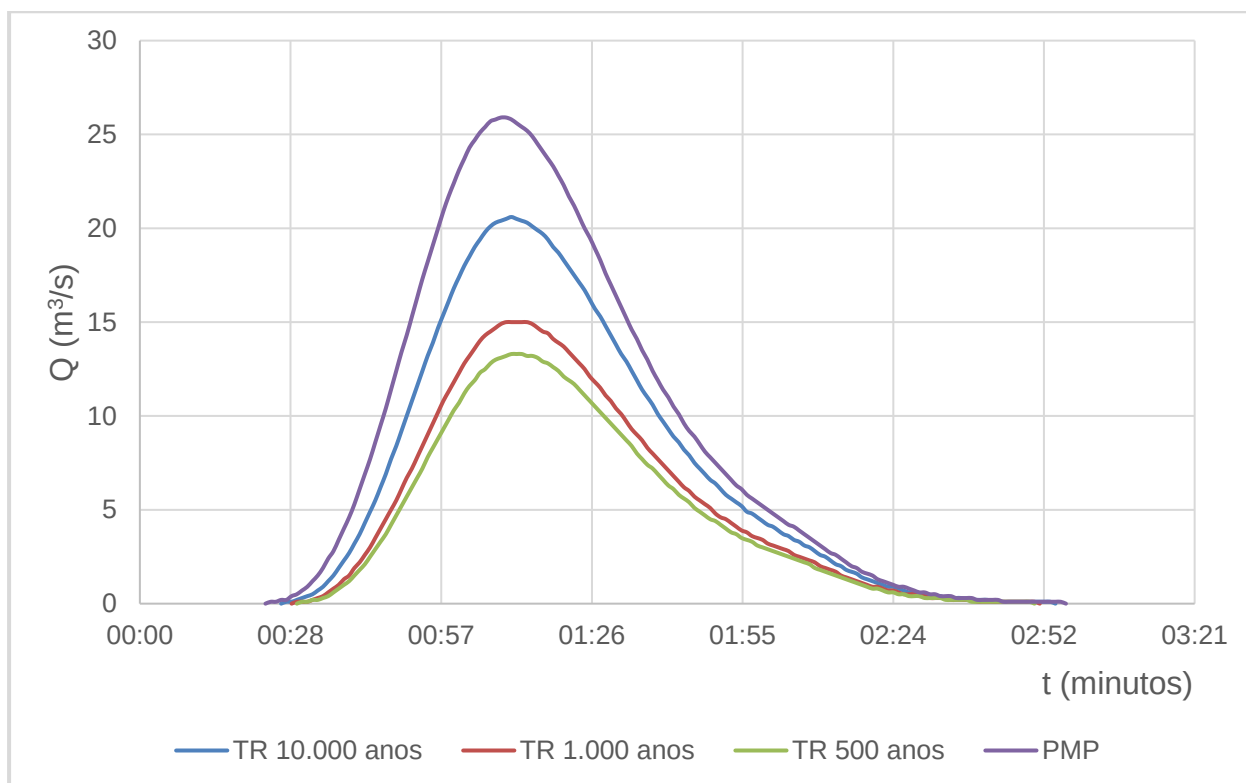


Figura 5.4 – Hidrogramas de vazões

5.2.4. Dimensionamentos Hidráulicos

5.2.4.1 Critério da Cheia de Projeto

O dimensionamento dos dispositivos hidráulicos atenderá as diretrizes estabelecidas por normatizações vigentes, como referenciadas no item 5.2.1, que visam o aumento da segurança e confiabilidade deste estudo.

Baseada nas normativas para descaracterização de Barragem, ANM Resolução nº 13/2019 e SEMAD/FEAM Termo de Referência nº 2.784/2019, a Vale solicitou que os dispositivos hidráulicos do canal principal fossem dimensionados para o TR 10.000 anos.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 54/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

5.2.4.2 Metodologia de Cálculo

Os dispositivos de drenagem superficial foram dimensionados por meio da aplicação da equação de Manning apresentada a seguir, ou seja, considerando-se a lâmina de água obtida a partir do cálculo do regime de escoamento permanente e uniforme.

$$Q_{proj} = \frac{1}{n} \cdot A_m \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Equação 5.2

Em que:

- A_m denota a área molhada da seção transversal de um dado dispositivo de drenagem, em m²;
- R_h denota o raio hidráulico de um dado dispositivo de drenagem, em m;
- I denota a declividade de fundo de um dado dispositivo de drenagem, em m/m;
- Q_{proj} denota a vazão de projeto em um dado dispositivo de drenagem, em m³/s; e
- n denota o coeficiente de rugosidade de Manning, considerado igual a 0,015 para a estruturas, revestida em concreto.

Para as estruturas revestidas em enrocamento obtém-se o coeficiente de manning e as velocidades admissíveis em função do diâmetro médio (D50) do enrocamento, conforme preconizado por Abt et al. (1987-A e 1987-B), Abt e Jhonson (1991) e Abt et al. (2008). Essa metodologia encontra-se incorporada no software SisCCoH 1.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais. A espessura da camada de enrocamento deve ser pelo menos igual a duas vezes seu D50.

Outros materiais de revestimento, foram considerados quando os limites de velocidades e/ou dimensão fossem excedidas ou se tornassem inexequíveis.

Nesse caso, analisou-se para o trecho em degraus, no regime nappe flow, a aplicabilidade de revestimento utilizando Gabião, conforme figura abaixo.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 55/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

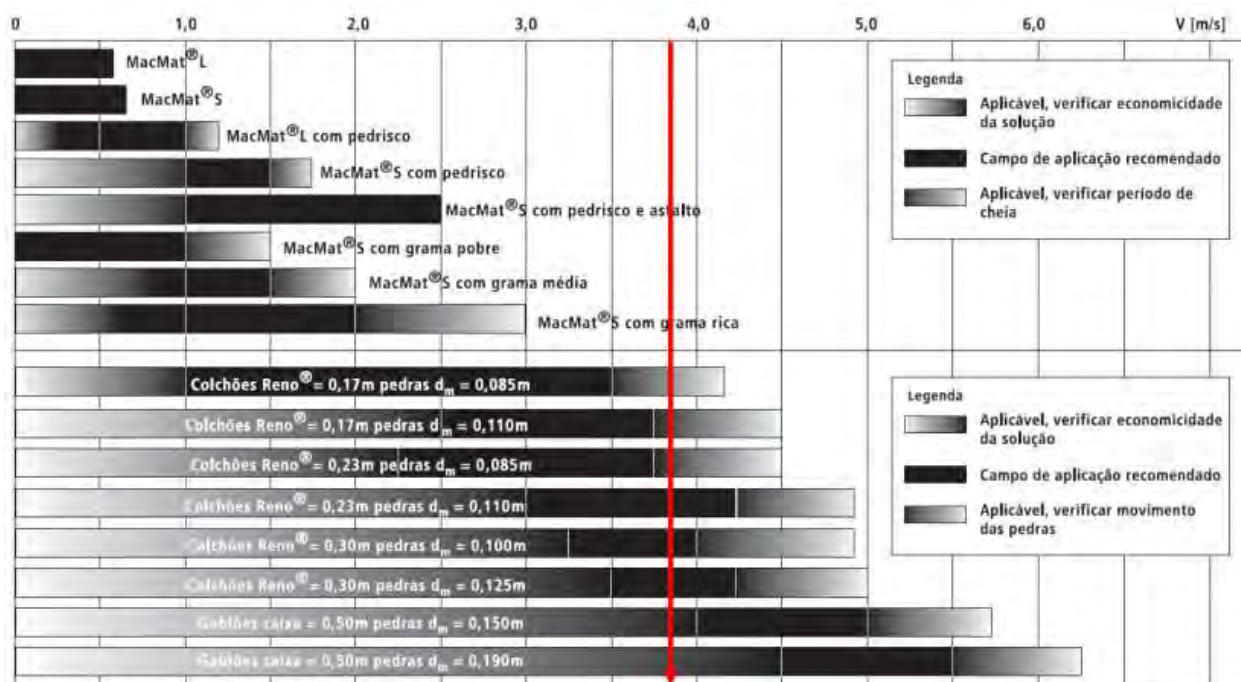


Figura 5.5 – Aplicabilidade de uso de diferentes revestimentos (Fonte: Maccaferri do Brasil)

A partir da equação da continuidade, dividindo-se a vazão de projeto da estrutura pela área molhada ocupada pelo escoamento obtém-se a velocidade média de escoamento pelo trecho de canal estudado, conforme apresentado a seguir:

$$U = Q / A_m$$

Equação 5.3

Em que:

- U denota a velocidade média de escoamento na seção hidráulica, em m/s;
- Q denota a vazão em fluxo pela estrutura, em m³/s;
- A_m denota a área molhada ocupada pelo escoamento, em m².

Devido às incertezas em relação a falta levantamentos de campo recentes, onde foram verificadas inconsistências, em relação a topografia e geologia, para interpretação e delimitação do maciço entre o barramento e a fundação da Barragem Menezes I, foram

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 56/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

apresentadas no projeto Conceitual, seções ao longo do reservatório que fossem representativas em relação ao volume e/ou complexidade. Na área do maciço da barragem, a escavação foi travada na cota 815,00 m, deixando uma seção disponível que atenda os dimensionamentos hidráulicos. A solução proposta procurou evitar o aprofundamento da escavação e um possível tratamento da fundação que dificultasse a estabilidade dos taludes laterais e da configuração geométrica em geral. Os levantamentos estão sendo executados para a próxima fase do projeto.

Foi considerada declividade de implantação mínima dos canais igual a 0,5 %, por serem implantados sobre sedimentos. A verificação da lâmina de água máxima nos canais, portanto, será realizada a partir de nível de água igual à energia crítica de escoamento no canal, necessária para desemboque do escoamento ao final das estruturas.

A condição de escoamento crítico é caracterizada por um Coeficiente de Froude (Fr) igual à unidade. Conforme apresentado por Baptista (2006), esse coeficiente é dado pela seguinte equação para canais prismáticos:

$$Fr = \frac{Yh}{\sqrt{g \cdot U}}$$

Equação 5.4

Em que:

- Fr denota o Coeficiente de Froude;
- Yh denota a altura hidráulica do escoamento, em m;
- g denota a aceleração da gravidade, igual a 9,81 m/s²;
- U denota a velocidade média de escoamento na seção hidráulica, em m/s.

Diante do apresentado, o dimensionamento da seção hidráulica e verificação do comportamento dos trechos prismáticos de canal seguiu o seguinte procedimento:

- Dimensionamento da seção hidráulica da estrutura, em função de sua profundidade de água máxima, determinada para a vazão com TR 10.000 anos.

Verificação das velocidades admissíveis nas seções disponíveis para o canal de drenagem, com no mínimo 10 m de largura, que deverão ser restritas aos limites

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 57/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

superiores apresentados para a declividade máxima de implantação considerada igual a 10,00%, ficando dentro dos limites de velocidade para atender o dimensionamento do revestimento proposto. A declividade de 10% do canal, no trecho inicial, foi definida devido às incertezas em relação a falta levantamentos de campo recente, onde foram verificadas inconsistências, em relação a topografia e geologia, para interpretação e delimitação do maciço entre o barramento e a fundação da Barragem Menezes I. Os levantamentos estão sendo executados para a próxima fase do projeto.

Para dimensionamento dos trechos em degraus buscou-se condições de regime de escoamento tipo nappe, onde a queda total é dividida em inúmeras pequenas quedas livres, conforme figura 5.6. A água prossegue em uma série de mergulhos de um degrau a outro. O escoamento em cada degrau atinge o degrau abaixo com um jato em queda livre, seguido por um ressalto hidráulico em muitos casos. A energia dissipada ocorre pela dispersão do jato no ar, pela mistura do jato no degrau e com a formação ou desenvolvimento de um ressalto hidráulico no degrau (RAJANATNAM, 1990). O regime de escoamento tipo nappe, é aplicável a canais com pouca inclinação ou pequenos riachos canalizados, com degraus relativamente grandes, o que se tornou possível para o presente estudo.

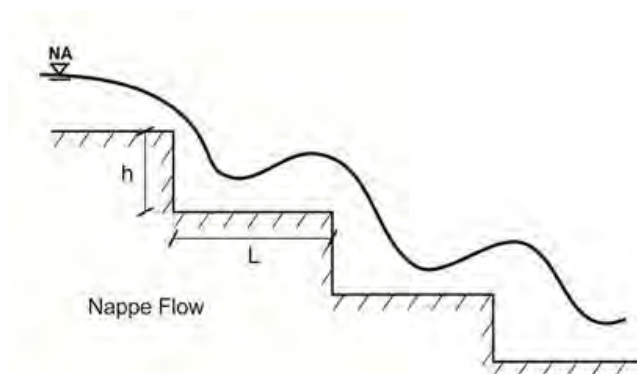


Figura 5.6 – Perfil da descida d'água em regime de escoamento Nappe Flow

Para o dimensionamento do trecho em degraus, foi utilizado o *software* SISCCOH 2.0. Para o cálculo do trecho em degraus, os dados requeridos são: a vazão de entrada (Q), a largura do canal (B), altura dos degraus (S) e o comprimento dos degraus (l). A partir

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 58/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

destes dados são calculados a razão S/l , o ângulo formado entre um plano horizontal e aquele que contém as quinas dos degraus da escada (θ), a profundidade crítica, a vazão específica e a vazão para a profundidade crítica máxima dos regimes Nappe Flow.

O número de queda D_N é dado pela equação a seguir:

$$D_N = \frac{\left(\frac{Q}{B}\right)^2}{9,81.S^3}$$

O comprimento da queda (L_d), as profundidades conjugadas (y_1 e y_2) foram calculadas pelas equações a seguir:

$$L_D = 4,3.D_N^{0,27}$$

$$\frac{Y_1}{S} = 0,54.D_N^{0,425}$$

$$\frac{Y_2}{S} = 1,66.D_N^{0,27}$$

Para o trecho da bacia de dissipação, foi utilizada a metodologia apresentada no U.S. Bureau of Reclamation (Peterka, 1984), que propõe alguns tipos de bacias padronizadas. Nessas estruturas, ocorre a dissipação de energia por meio do Ressalto Hidráulico, com a mudança de um regime supercrítico para um subcrítico.

Foi dimensionada uma bacia tipo I. A bacia é classificada como USBR tipo I se o Froude a montante for maior que 1,2 e menor que 2,5. A profundidade conjugada do ressalto a jusante é aproximadamente o dobro da profundidade de montante e o comprimento da bacia deve ser quatro vezes a profundidade a jusante. O cálculo da profundidade conjugada jusante (D_2), o comprimento da bacia de dissipação (L), a energia dissipada (ΔE), a velocidade de saída ($U_{saída}$), a borda livre e a altura da parede (H_{parede}) são obtidas a partir das equações a seguir:

$$D_2 = 2.D_1$$

$$L = 4.D_2$$

$$\Delta E = (D_2 - D_1)^3 / (4.D_1.D_2)$$

$$U_{saída} = Q / L.D_2$$

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 59/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

$$Borda\ Livre = 0,1.(U_s + D_2)$$

$$H_{parede} = Borda\ Livre + D_2$$

Softwares

Os seguintes softwares foram utilizados:

- Planilhas de cálculos em Excel (*Microsoft Corporation*) para determinação das vazões de projeto, previamente elaboradas pela BVP Engenharia;
- Modelo Digital do Terreno no QGIS, desenvolvido por QGIS Development Team (software livre com código-fonte aberto, multiplataforma SIG - Sistema de Informação Geográfica, que permite visualização, edição e análise de dados georreferenciados);
- SISCCOH 2.0, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais em parceria com a empresa Pimenta de Ávila Consultoria LTDA, para dimensionamento dos canais periféricos, descida de água e estruturas de transposição.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 60/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

6. ESTUDO DA RETIRADA DO MACIÇO E DOS SEDIMENTOS DA BARRAGEM MENEZES I

6.1. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

6.2.1. Seção de Análises

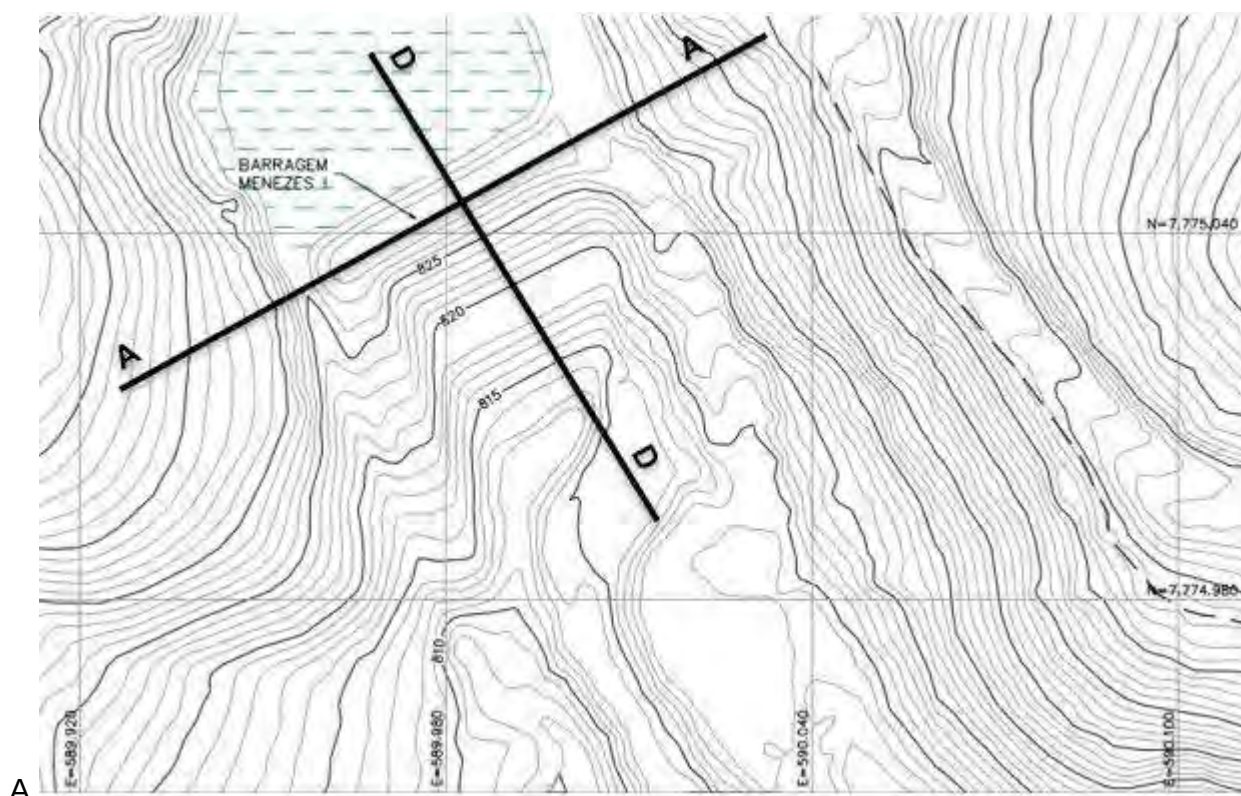


Figura 6.1 apresenta planta da área onde será removido o maciço da Barragem Menezes I com locação das seções A-A' e da seção D-D' analisadas. A geometria da seção longitudinal A-A utilizada para proceder as análises de estabilidade é apresentada na Figura 6.2. A geometria da seção transversal D-D utilizada para proceder as análises de estabilidade é apresentada na Figura 6.3. A seção foi definida por se tratar da mais crítica em termos de estratigrafia, geometria dos taludes e altura total. A seção foi definida por se tratar da mais representativa em termos de remoção total do maciço da barragem no que tange a estabilidade dos taludes de ombreira.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 61/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

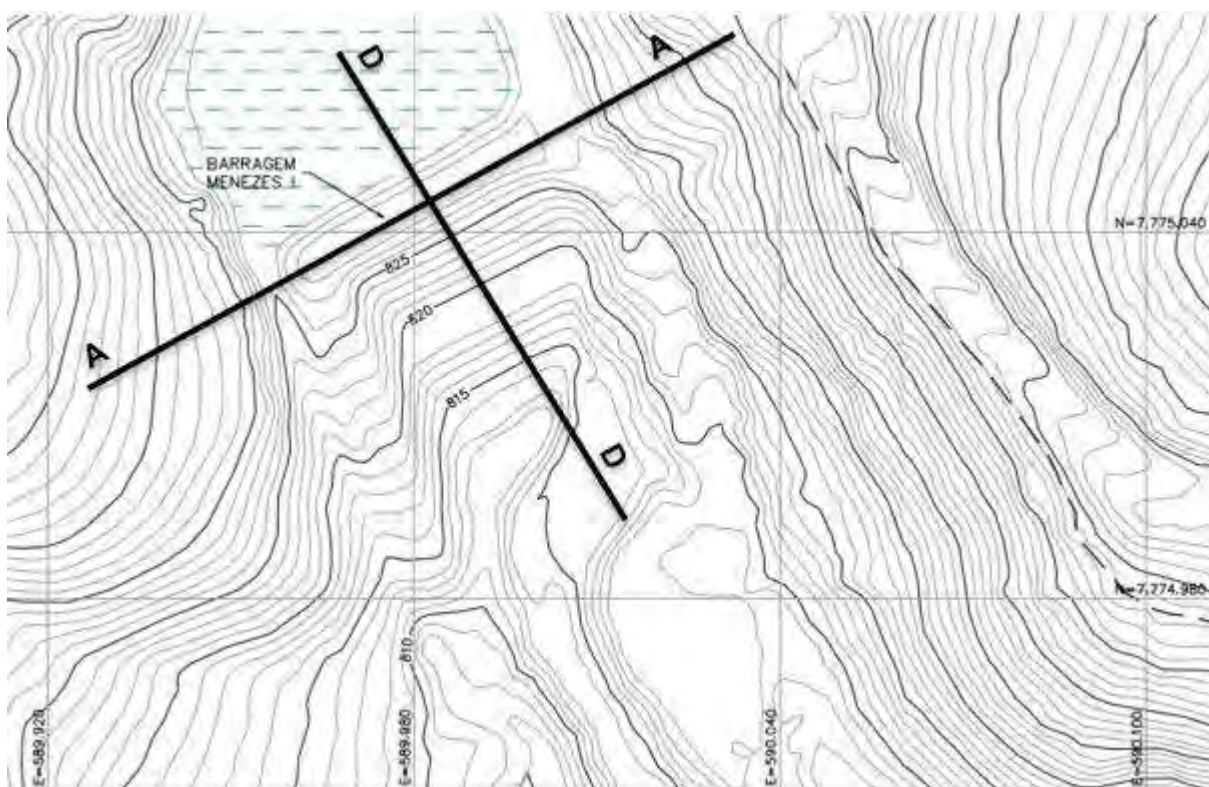


Figura 6.1 – Planta de locação das seções para análises de estabilidade.

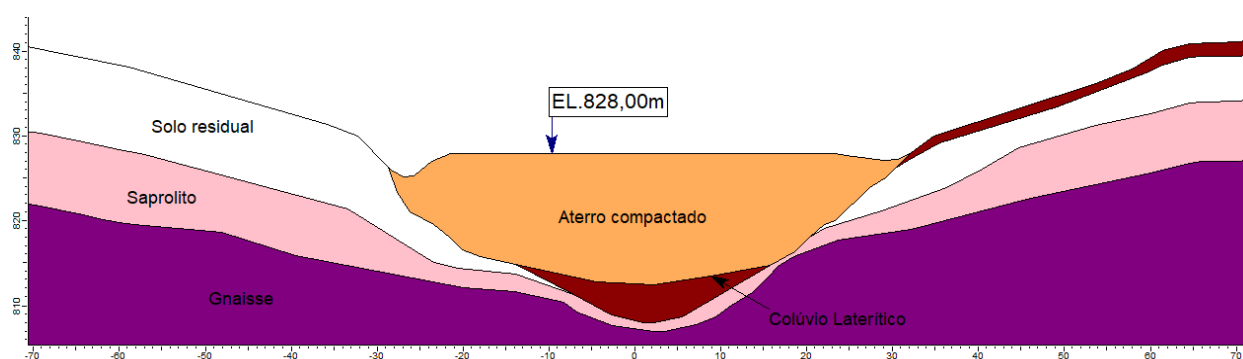


Figura 6.2 – Seção A-A – Seção longitudinal ao eixo da barragem.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 62/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

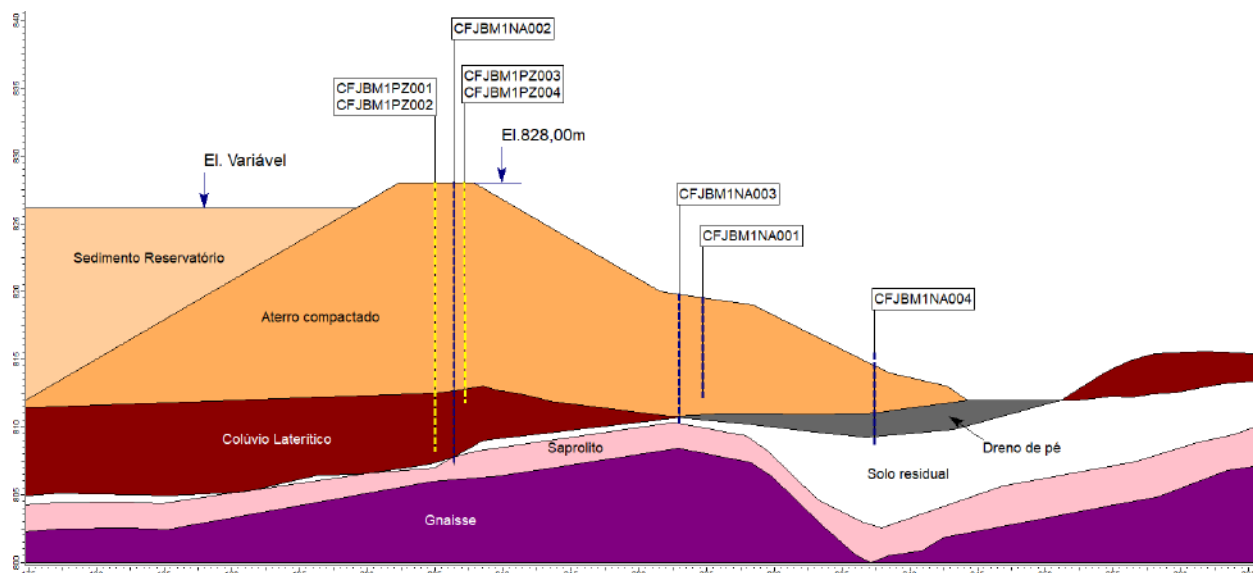


Figura 6.3 – Seção D-D – Seção transversal ao eixo da barragem.

Só será apresentado no relatório o estudo das duas seções descritas acima, pois diante da falta de informação geológica e das inconsistências topográficas as seções a montante do barramento serão verificadas somente após o recebimento dos dados das sondagens e dos ensaios de laboratório a serem executados, e serão apresentadas na fase do Projeto Básico.

6.2.1. Resultados das Análises

6.2.1.1 Seção transversal da barragem (Seção D-D)

Para seção transversal da barragem (Seção D-D) foram feitas as análises considerando a descaracterização da barragem até a cota 815. Para remoção do maciço da barragem e dos sedimentos seguirá a seguinte sequência executiva:

- (1) Escavar os sedimentos do reservatório até EL. 824,00m;
- (2) Remover o aterro da barragem até EL. 825,00m;
- (3) Escavar os sedimentos do reservatório até EL. 821,00m;
- (4) Remover o aterro da barragem até EL. 822,00m;
- (5) Escavar os sedimentos do reservatório até EL. 818,00m;
- (6) Remover o aterro da barragem até EL. 819,00m;
- (7) Escavar os sedimentos do reservatório até EL. 815,00m;
- (8) Remover o aterro da barragem até EL. 815,00m.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 63/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

A

Tabela 6.1 apresenta um resumo dos fatores de segurança obtidos nas principais análises de estabilidade do talude de montante da Barragem Menezes I.

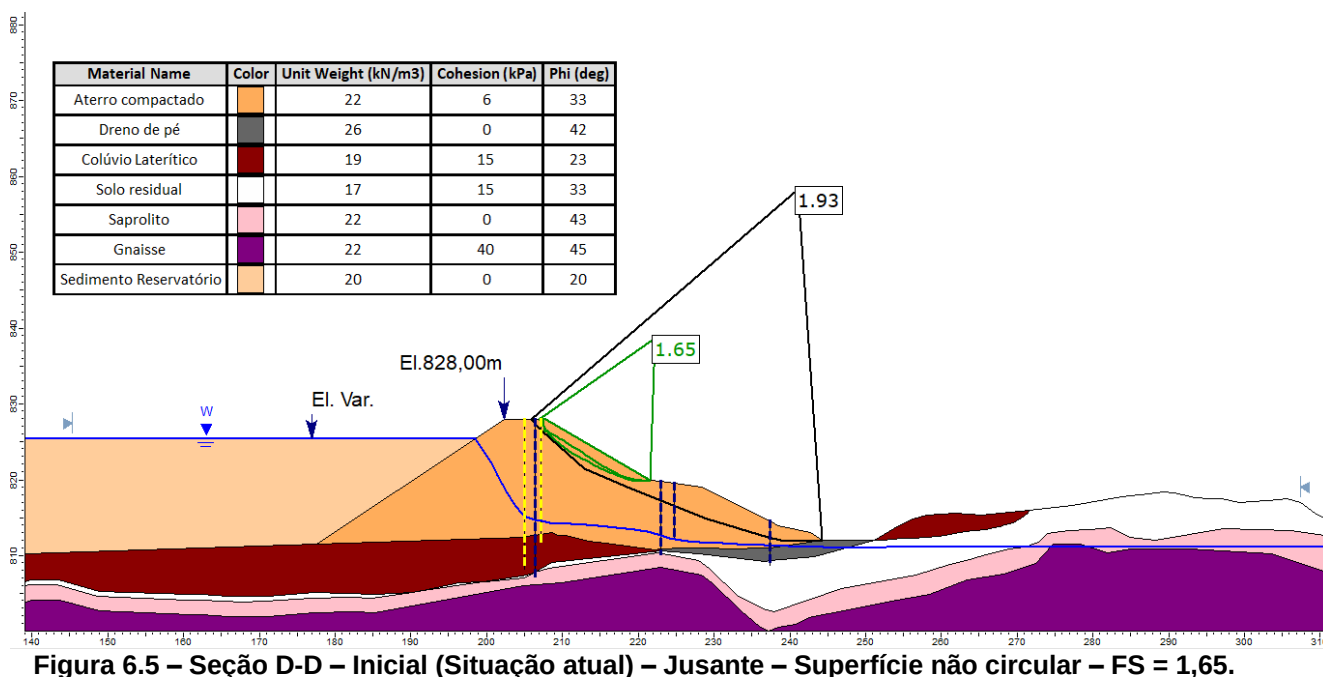
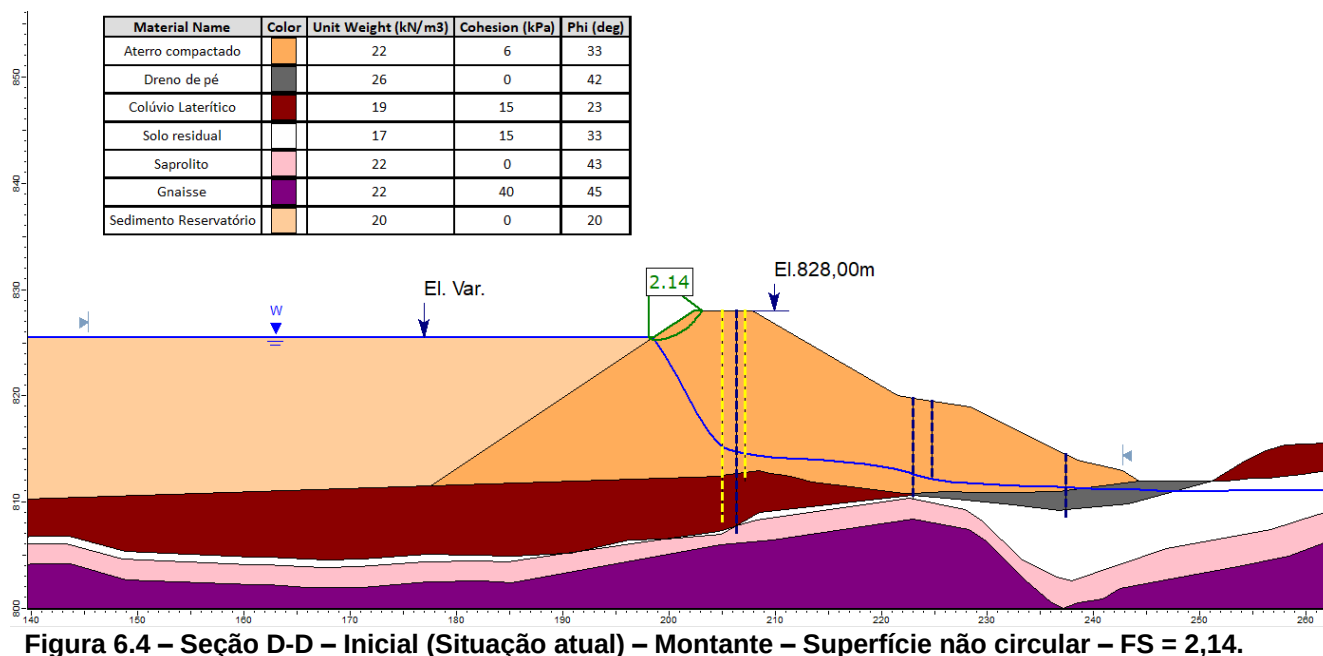
Tabela 6.1 – Resumo dos resultados das análises de estabilidade.

Seção D-D – Seção Transversal				
Condição de Análise	Elevação dos sedimentos (m)	Elevação do maciço (m)	Talude	FS obtido
Inicial	Variável (máx. El. 825,487m)	828	Montante	2,14
			Jusante	1,65
Fase Executiva 1	824	828	Montante	1,81
			Jusante	1,65
Fase Executiva 2	821	825	Montante	1,80
			Jusante	1,90
Fase Executiva 3	818	822	Montante	1,81
			Jusante	2,07
Fase Executiva 4	815	819	Montante	1,80
			Jusante	2,08
Final	815	815	Jusante	2,87

Seção D-D – Seção Transversal				
Condição de Análise	NA Inicial (m)	NA Final (m)	Talude	FS obtido
Rebaixamento Rápido	Variável (máx. El. 825,487m)	824	Montante	1,68
	824	821	Montante	1,43
	821	818	Montante	1,41
	818	815	Montante	1,42

A seguir, apresentam-se as figuras contendo as saídas do programa de cálculo com as análises de estabilidade considerando o sequenciamento da remoção do maciço da barragem.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 64/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0



		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 65/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

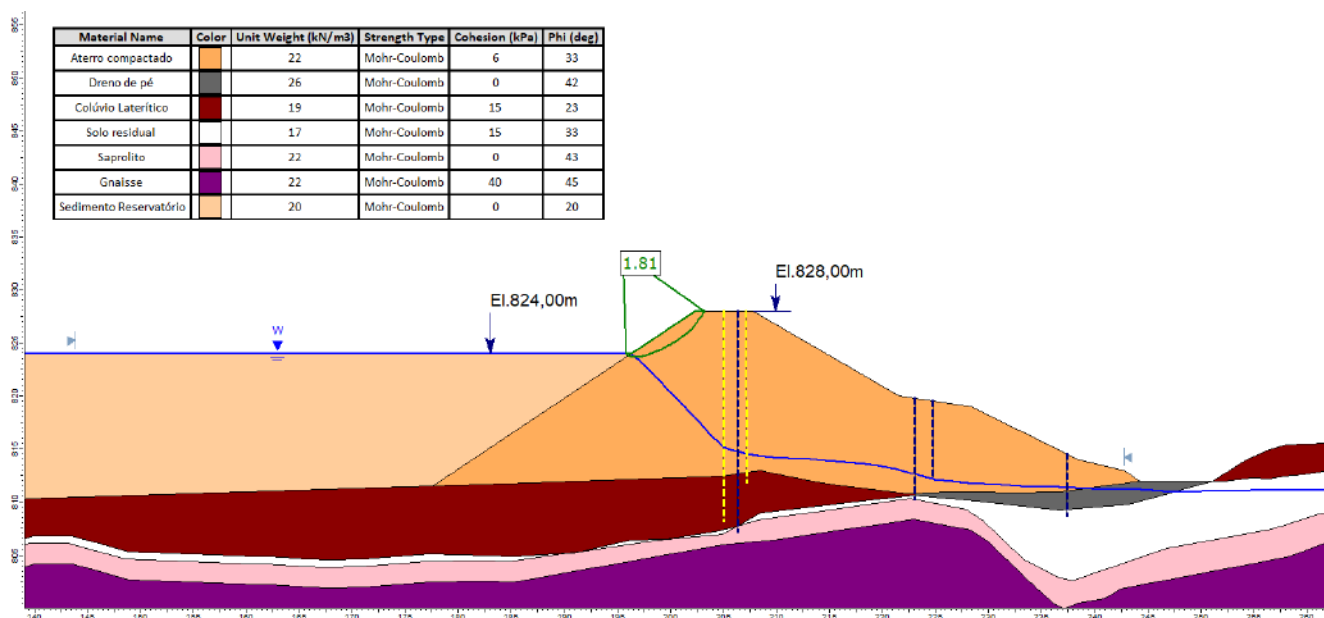


Figura 6.6 – Seção D-D – Fase Executiva 1 (rebaixamento do reservatório até a cota 824m) – Superfície não circular – FS = 1,81.

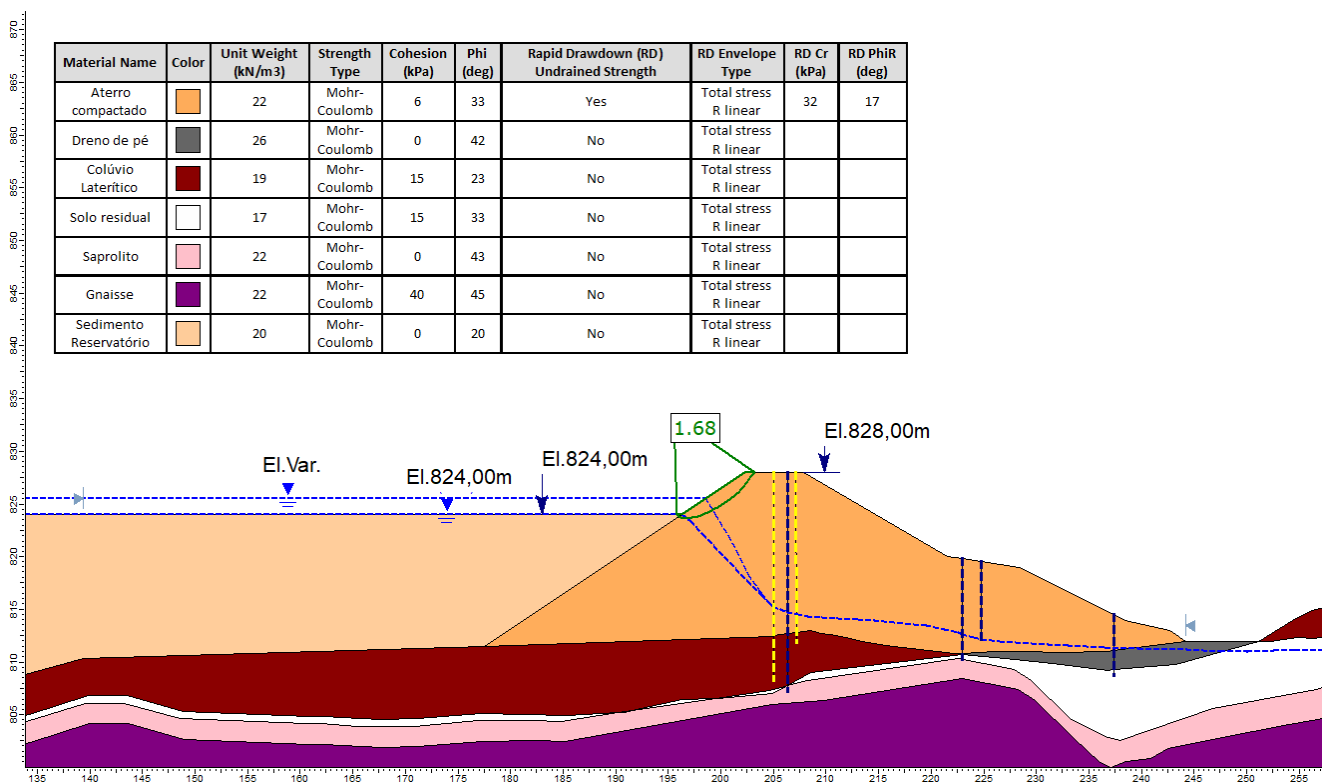


Figura 6.7 – Seção D-D – Fase Executiva 1 (rebaixamento do reservatório até a cota 824m) – Rebaixamento Rápido – Superfície não circular – FS = 1,68.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 66/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

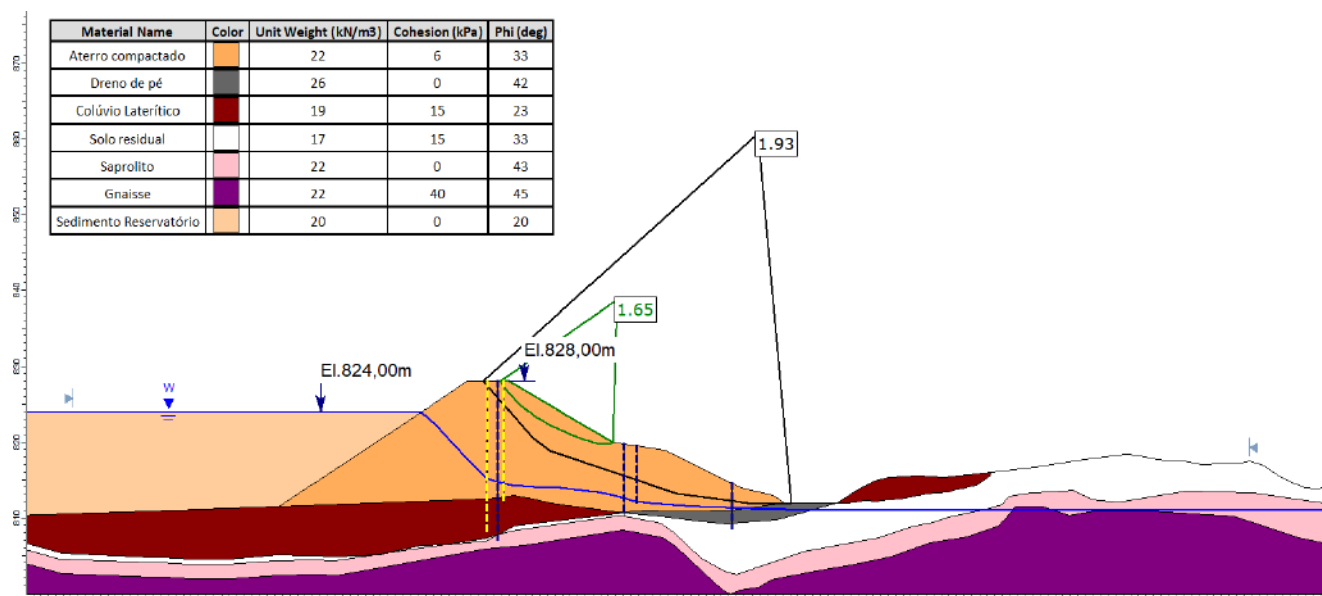


Figura 6.8 – Seção D-D – Fase Executiva 1 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) – Superfície não circular – FS = 1,65.

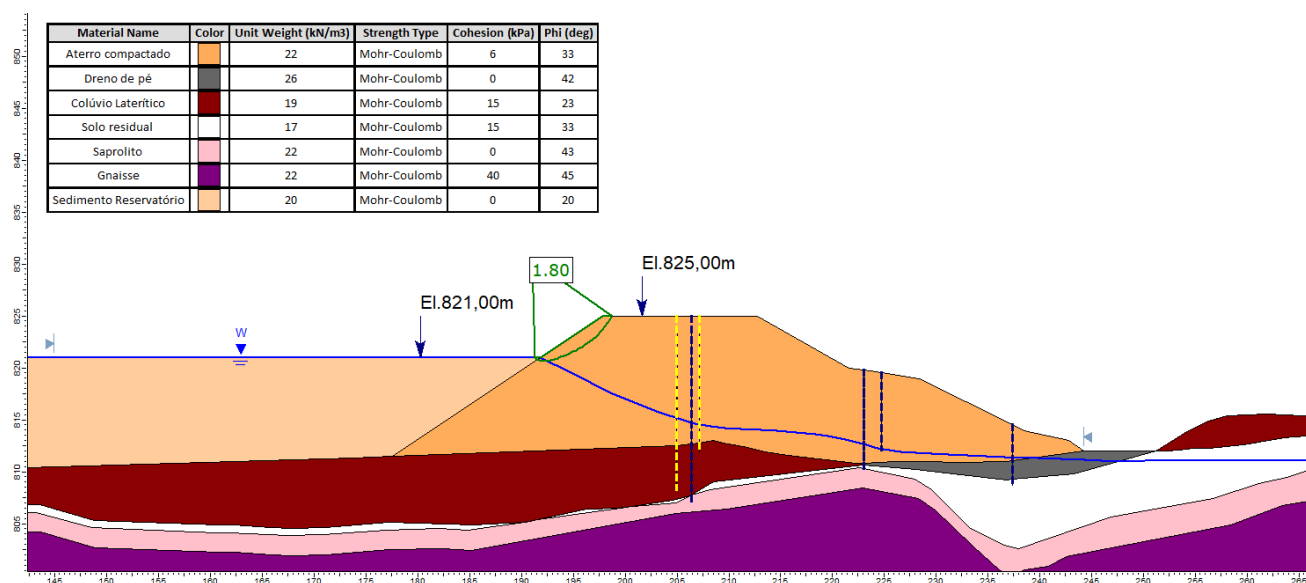


Figura 6.9 – Seção D-D – Fase Executiva 2 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) – Superfície não circular – FS = 1,80.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 67/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

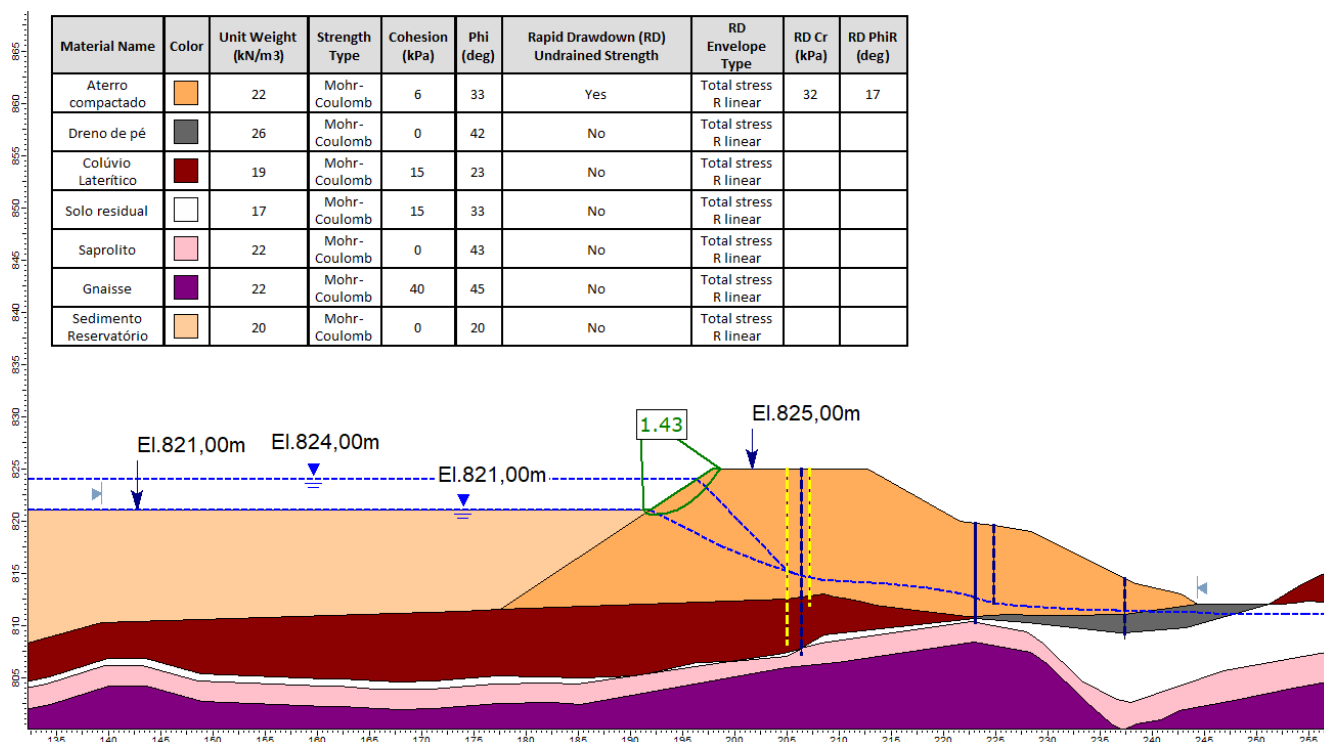


Figura 6.10 – Seção D-D – Fase Executiva 2 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) – Rebaixamento Rápido – Superfície não circular – FS = 1,43.

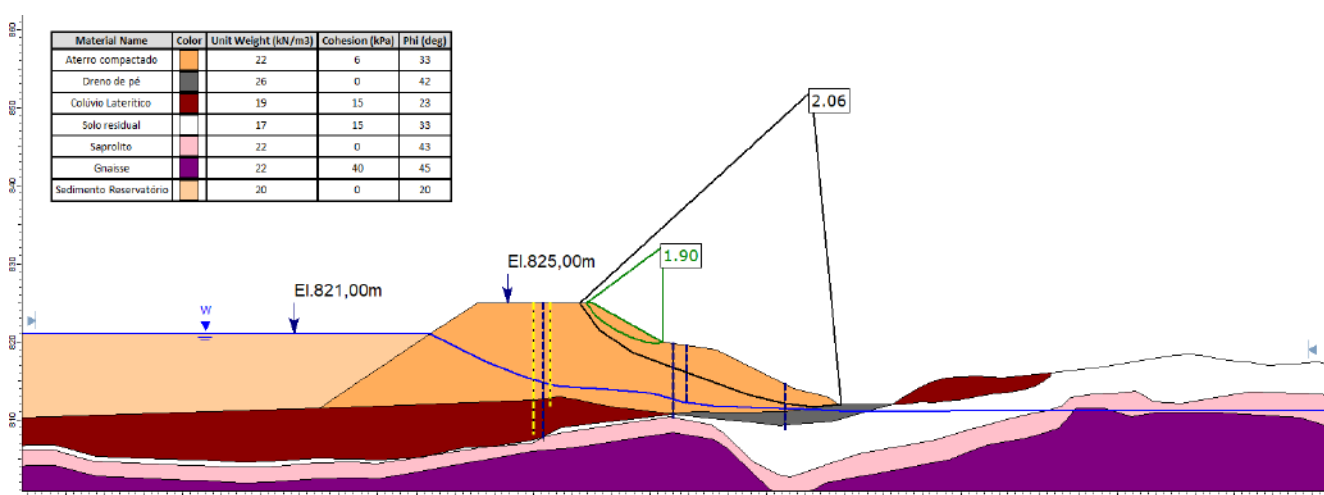


Figura 6.11 – Seção D-D – Fase Executiva 2 (rebaixamento do maciço até a cota 825m e dos sedimentos até a cota 821m) – Superfície não circular – FS = 1,90.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 68/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

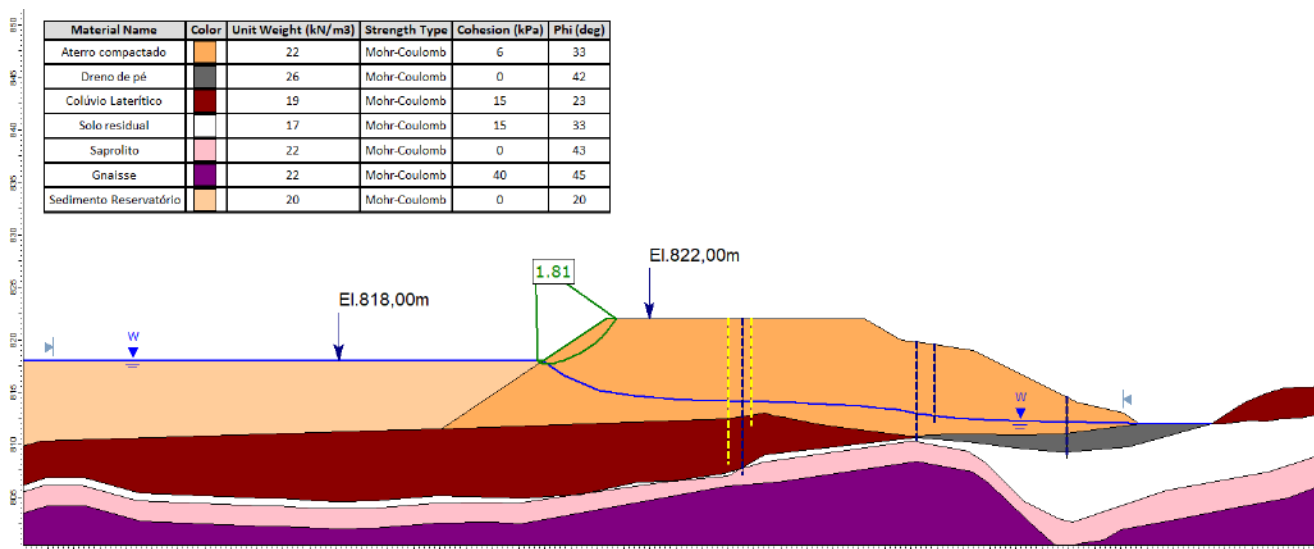


Figura 6.12 – Seção D-D– Fase Executiva 3 (rebaixamento do maciço até a cota 822m e dos sedimentos até a cota 818m) – Superfície não circular – FS = 1,81.

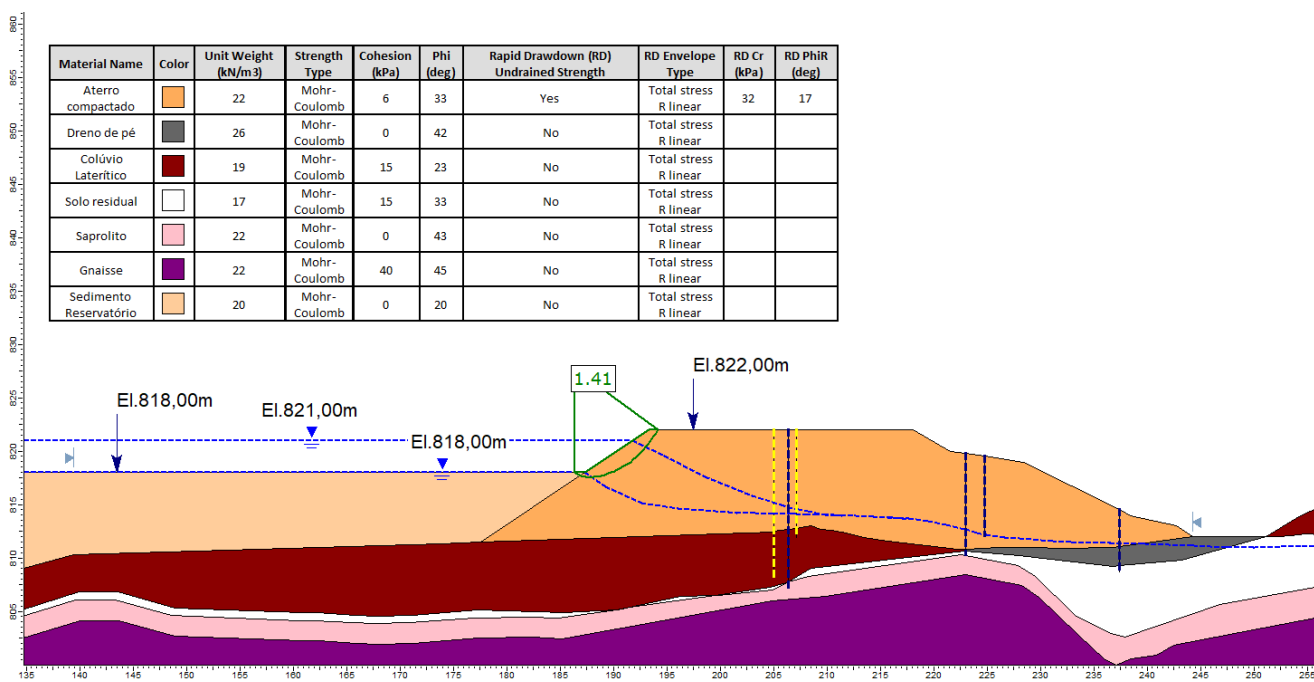


Figura 6.13 – Seção D-D– Fase Executiva 3 (rebaixamento do maciço até a cota 822m e dos sedimentos até a cota 818m) – Rebaixamento Rápido – Superfície não circular – FS = 1,41.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201 Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	PÁGINA 69/97 REV. 0

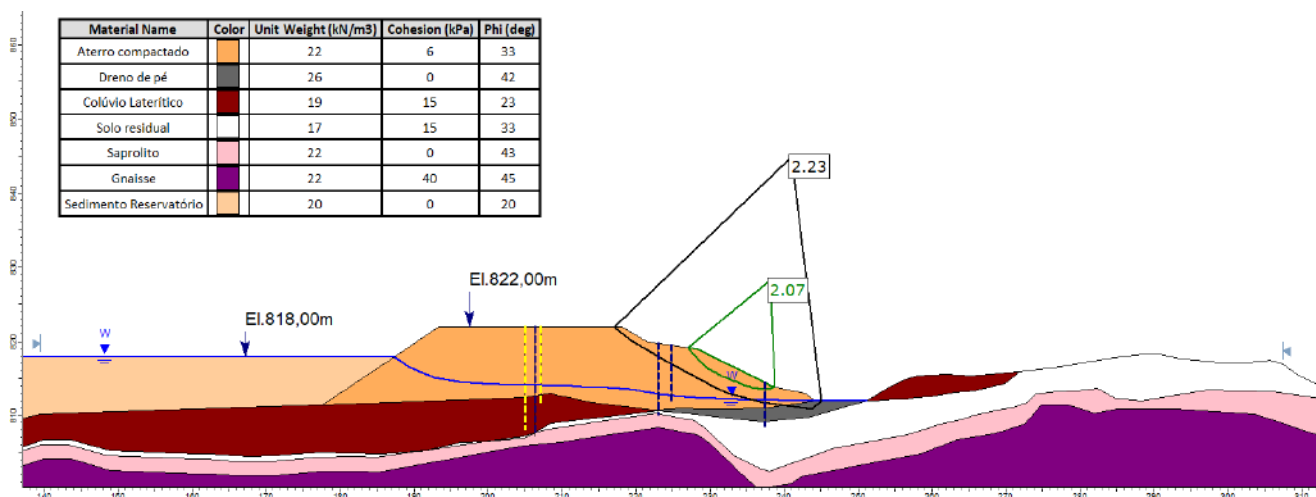


Figura 6.14 – Seção D-D – Fase Executiva 3 (rebaixamento do maciço até a cota 822m e dos sedimentos até a cota 818m) – Superfície não circular – FS = 2,07.

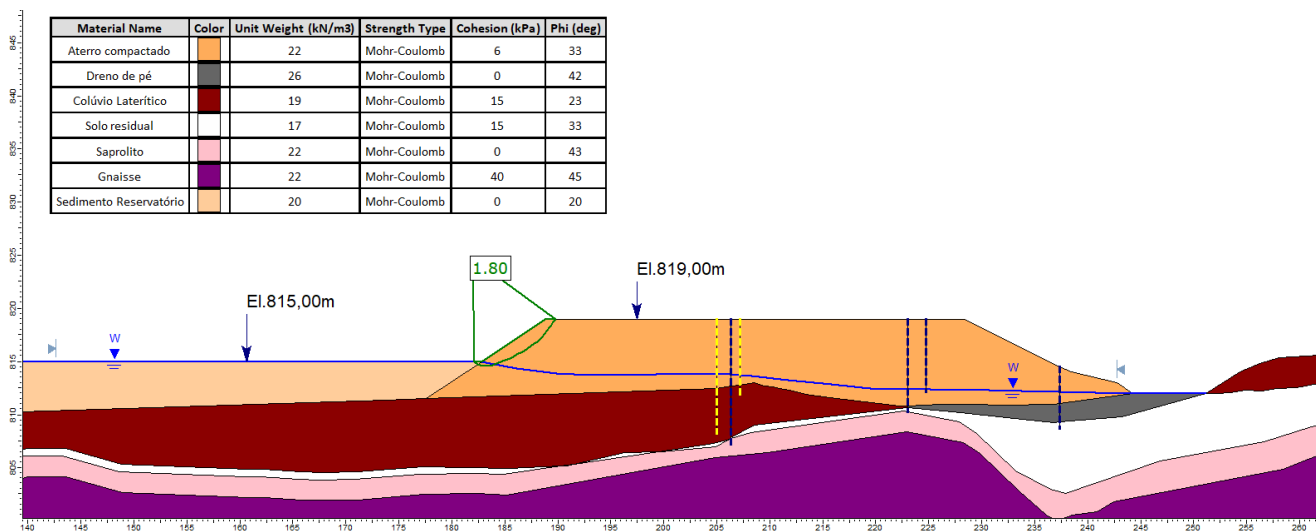


Figura 6.15 – Seção D-D – Fase Executiva 4 (rebaixamento do maciço até a cota 819m e dos sedimentos até a cota 815m) – Superfície não circular – FS = 1,80.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 70/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

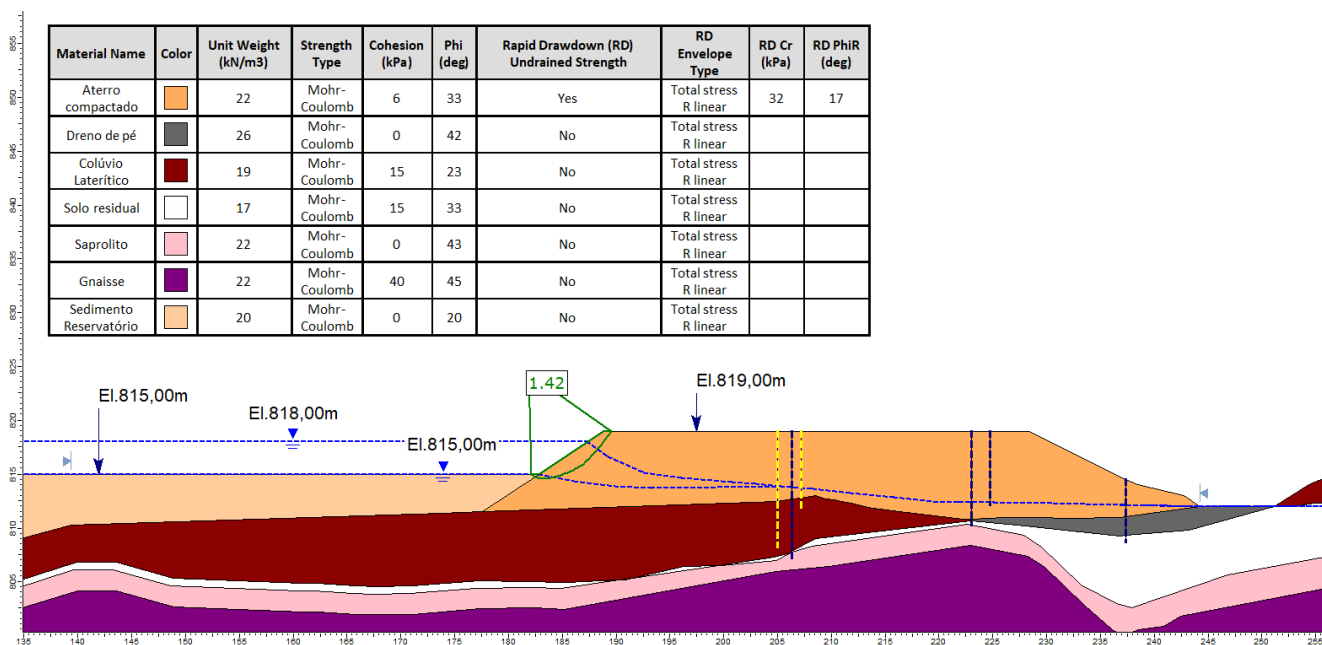


Figura 6.16 – Seção D-D – Fase Executiva 4 (rebaixamento do maciço até a cota 819m e dos sedimentos até a cota 815m) – Rebaixamento Rápido – Superfície não circular – FS = 1,42.

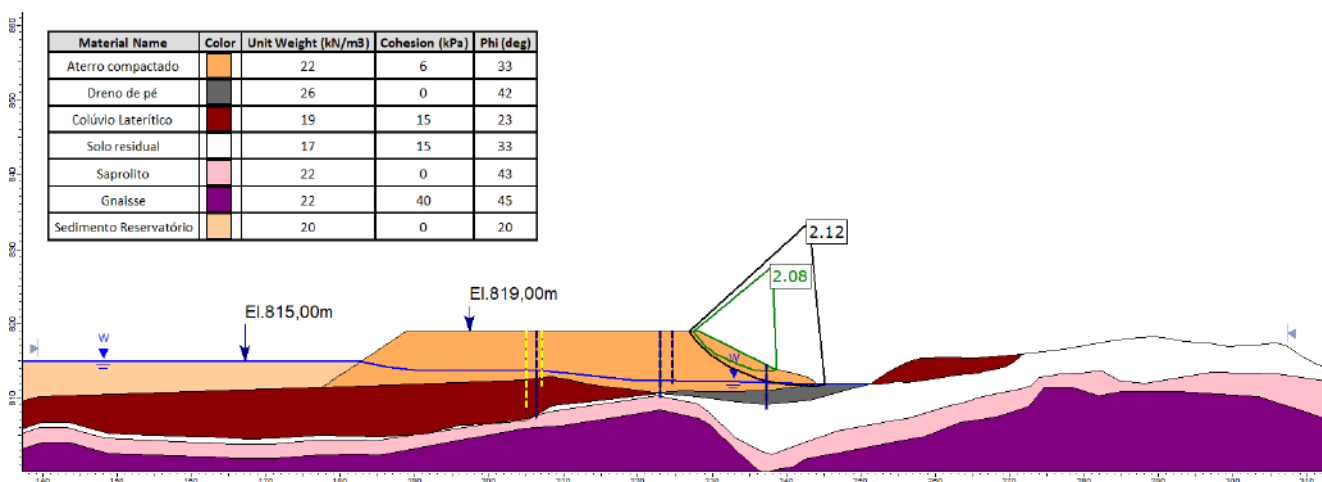


Figura 6.17 – Seção D-D – Fase Executiva 4 (rebaixamento do maciço até a cota 819m e dos sedimentos até a cota 815m) – Superfície não circular – FS = 2,08.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 71/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

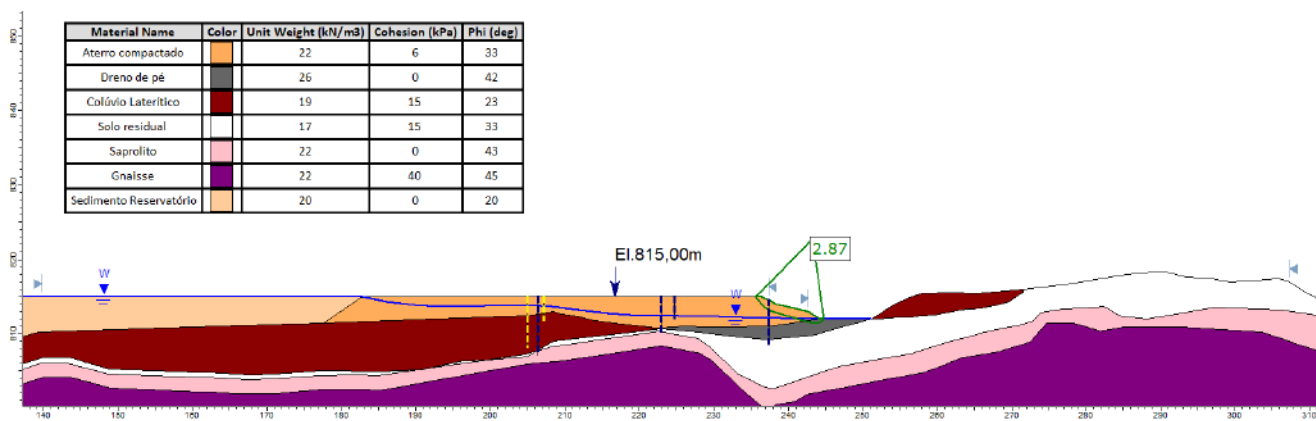


Figura 6.18 – Seção D-D – Final (rebaixamento do maciço até a cota 815m e dos sedimentos até a cota 815m) – Superfície não circular – FS = 2,87.

6.2.1.2 Seção longitudinal da barragem (Seção A-A)

Para seção longitudinal da barragem foram feitas as análises considerando a descaracterização da barragem até a cota 815. Para remoção do maciço da barragem e dos sedimentos seguirá a mesma sequência executiva do item anterior (6.2.1.2).

Devido à falta de informação sobre o nível freático nas ombreiras da Barragem Menezes I, nas análises de estabilidade, o nível freático foi tratado de forma arbitrária para uma análise de sensibilidade do nível freático e fatores de segurança obtidos. Sendo estabelecido no contato solo residual de gnaíse e saprolito de gnaíse, e no contato saprolito de gnaíse e rocha são de gnaíse.

Para a condição crítica, foi arbitrado um nível freático nas ombreiras para indicar uma possível freática de risco que possa ocorrer nos períodos chuvosos, para obtenção de fatores de segurança maiores ou iguais a 1,30.

Na etapa do Projeto Básico, as análises serão revisadas de acordo com os resultados das investigações a serem executadas conforme previsto na ET-1850JJ-X-00023.

A Tabela 6.2 apresenta um resumo dos fatores de segurança obtidos nas principais análises de estabilidade da Barragem Menezes I.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 72/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Tabela 6.2 – Resumo dos resultados das análises de estabilidade.

Seção A-A - Seção Longitudinal				
Linha Freática nas Ombreiras	Elevação do maciço da barragem (m)	Talude	Condição de Análise	
			Normal FS obtido	Sismo FS obtido
1 - Contato solo residual de gnaiss/saprolito de gnaiss	825	Ombreira Direita	1,88	1,78
		Ombreira Esquerda	2,17	2,02
	815	Ombreira Direita	1,50	1,38
		Ombreira Esquerda	1,55	1,40
2 - Contato saprolito de gnaiss/rocha sã de gnaiss	825	Ombreira Direita	1,88	1,78
		Ombreira Esquerda	2,17	2,02
	815	Ombreira Direita	1,52	1,40
		Ombreira Esquerda	1,59	1,45
Condição Crítica ⁽¹⁾	815	Ombreira Direita	1,36	-
		Ombreira Esquerda	1,33	-

Nota: 1 – Elevação da linha freática 2,0m acima do contato solo residual de gnaiss/saprolito de gnaiss.

A seguir, apresentam-se as figuras contendo as saídas do programa de cálculo com as análises de estabilidade considerando o sequenciamento da remoção do maciço da barragem.

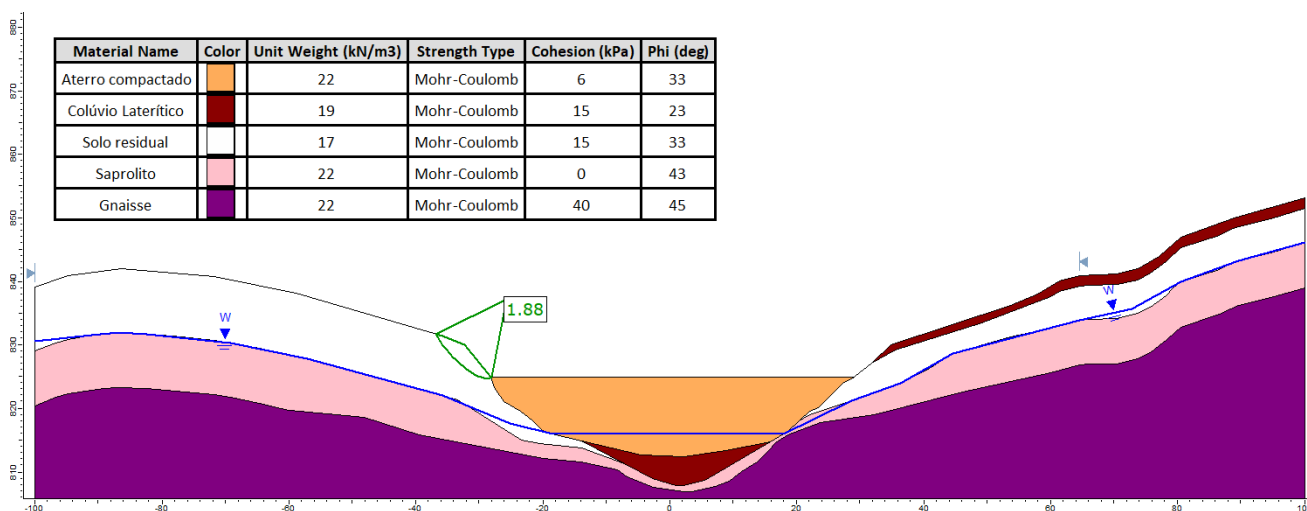


Figura 6.19 – Seção A-A – Condição Normal (El. 825) – Talude da Ombreira Direita – Superfície não circular – Freática 1 – FS = 1,88.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 73/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

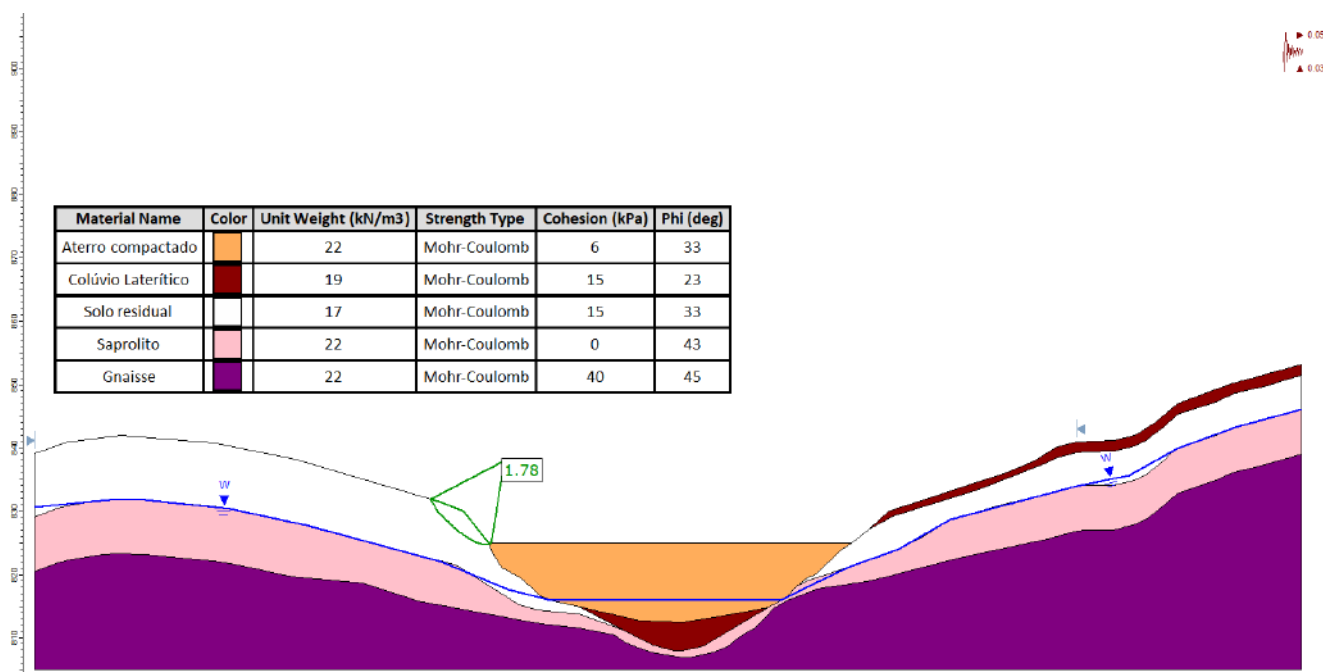


Figura 6.20 – Seção A-A – Condição Sismo (El. 825) – Talude da Ombreira Direita – Superfície não circular – Freática 1 – FS = 1,78.

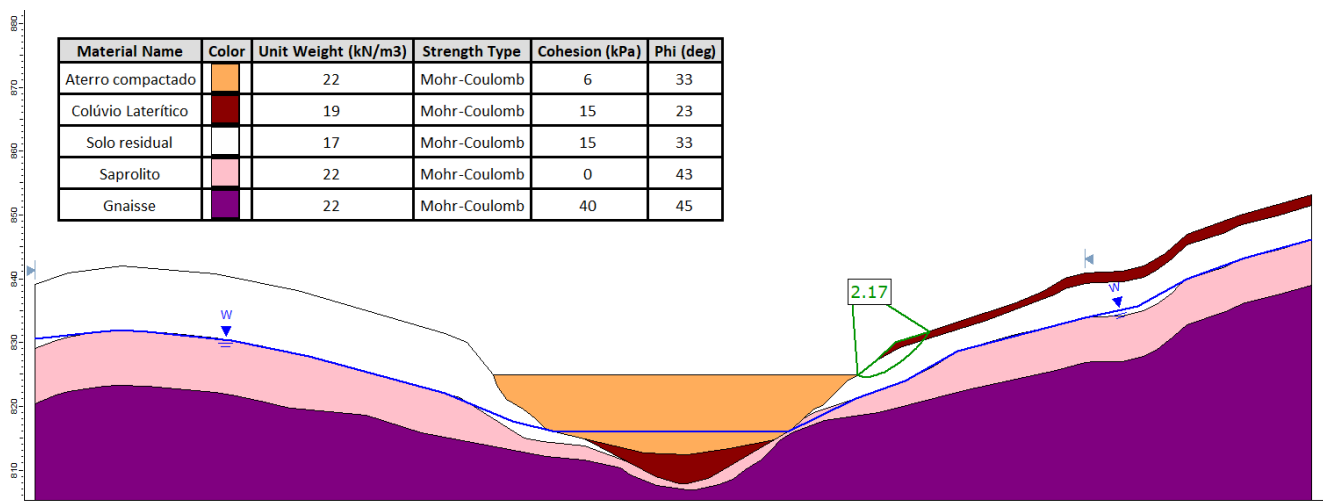
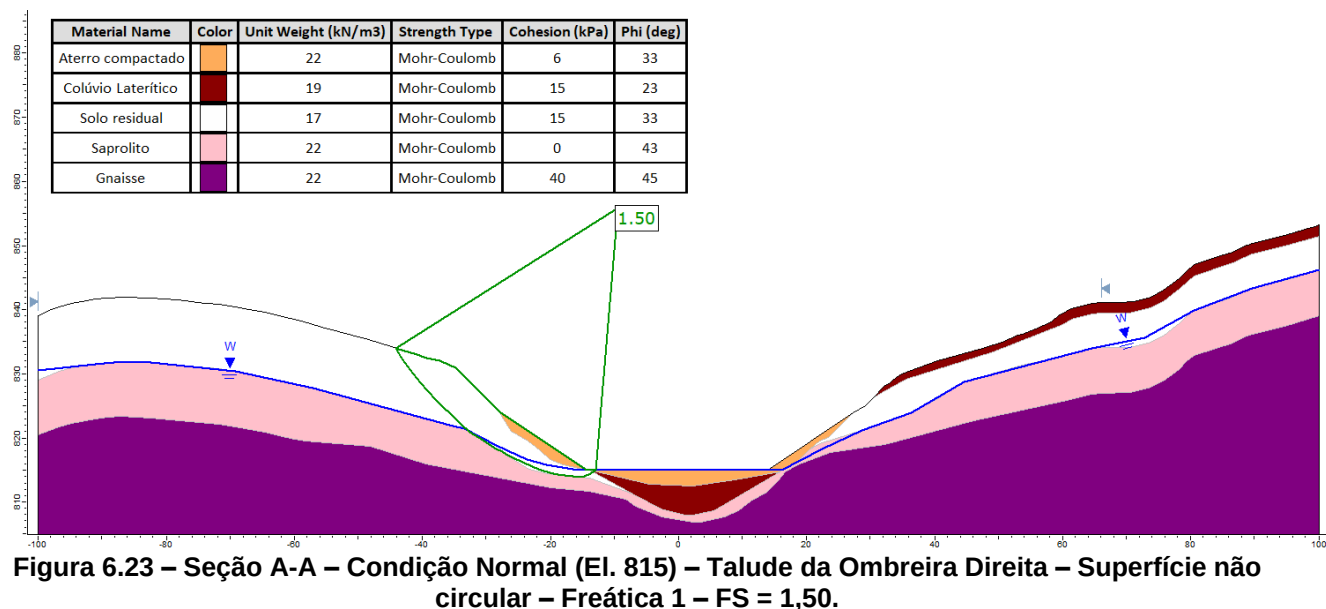
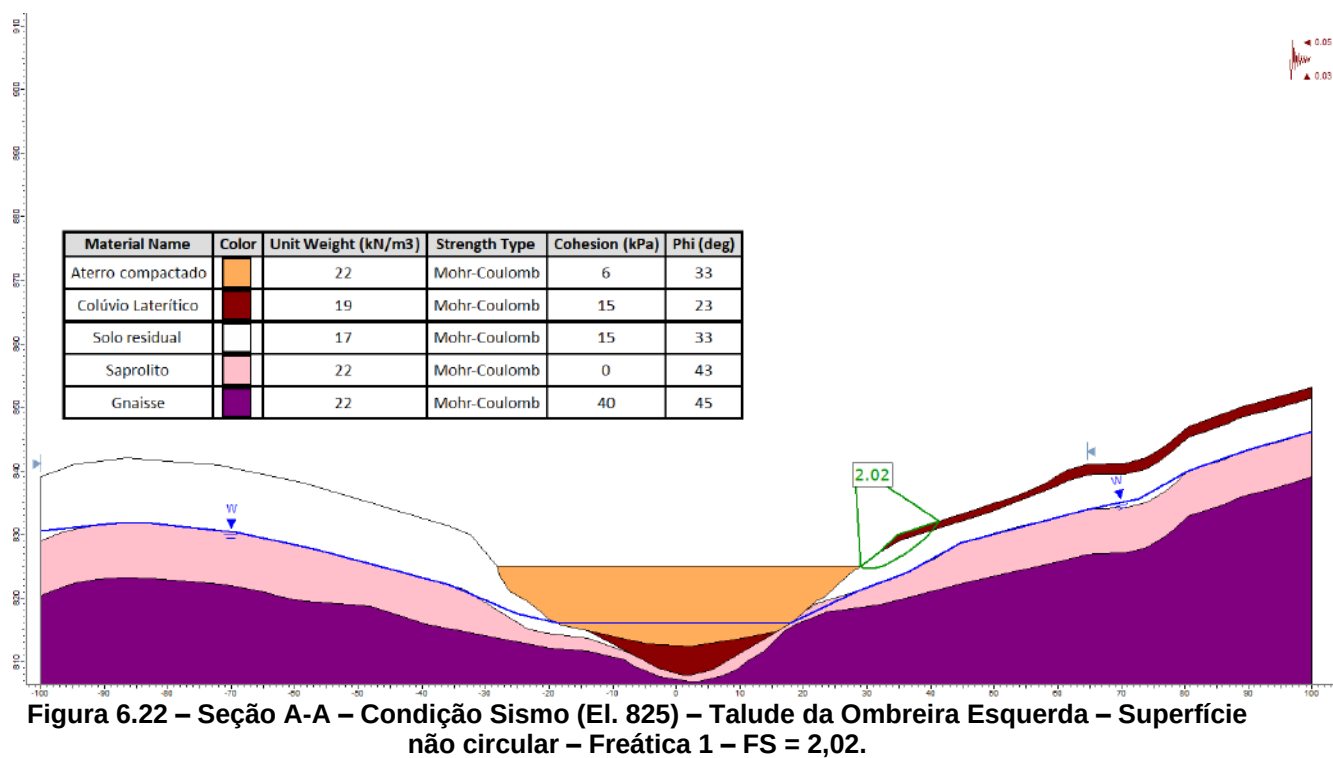


Figura 6.21 – Seção A-A – Condição Normal (El. 825) – Talude da Ombreira Esquerda – Superfície não circular – Freática 1 – FS = 2,17.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 74/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0



		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 75/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

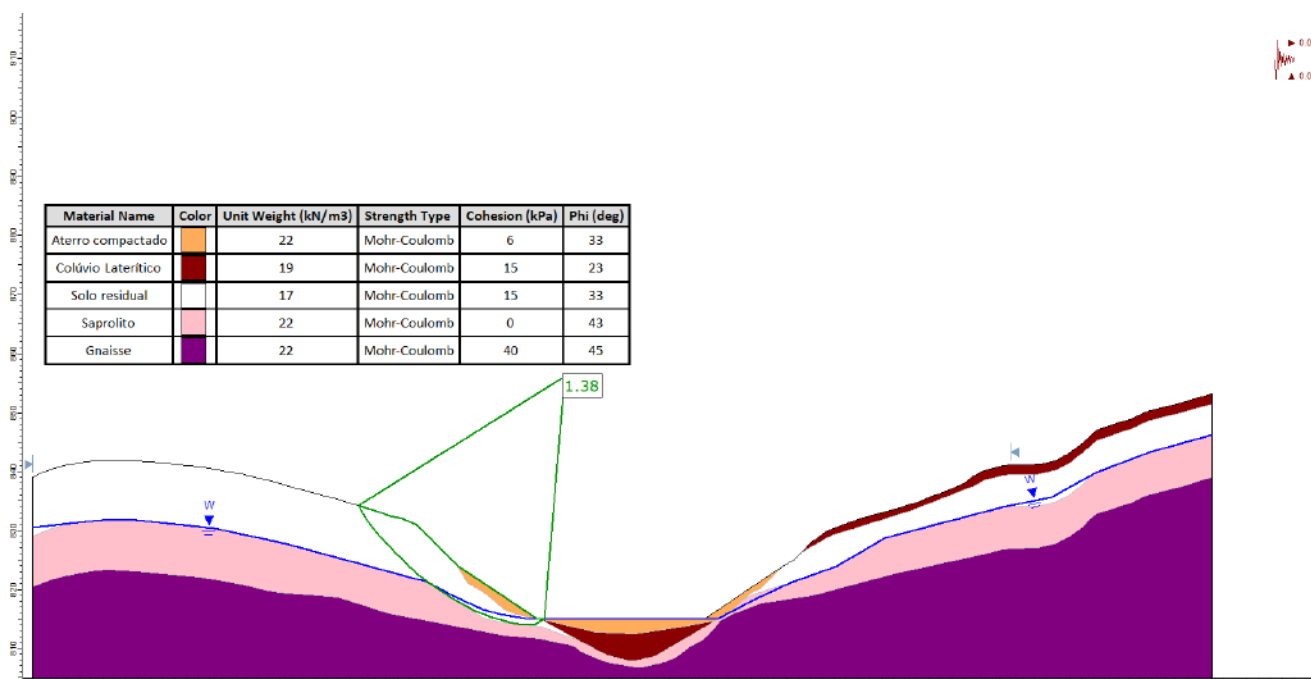


Figura 6.24 – Seção A-A – Condição Sismo (El. 815) – Talude da Ombreira Direita – Superfície não circular – Freática 1 – FS = 1,38.

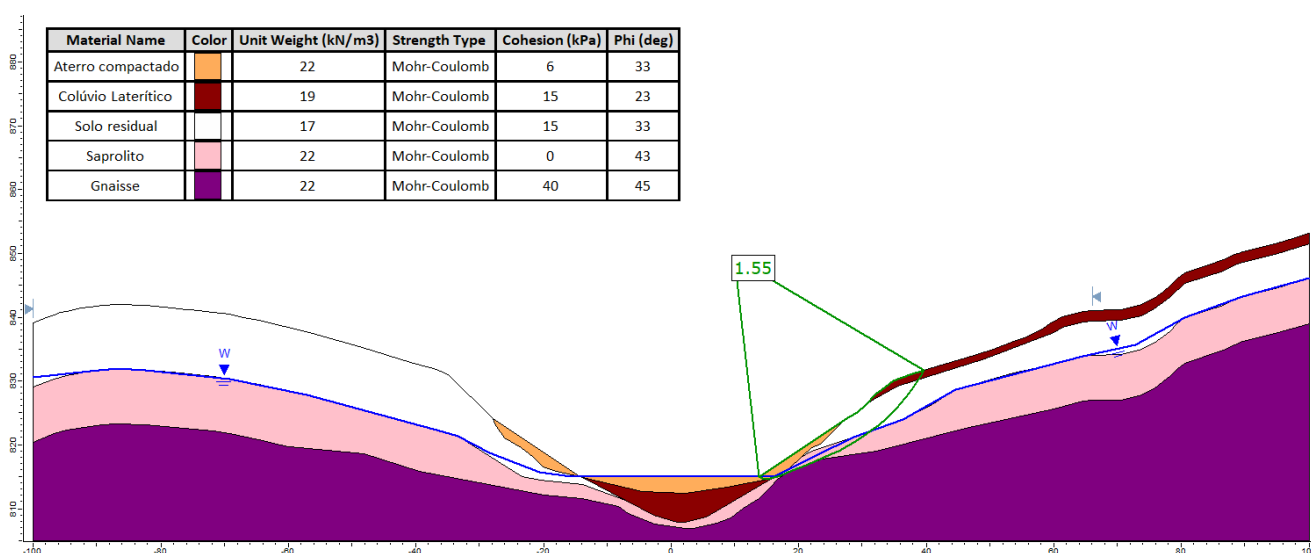
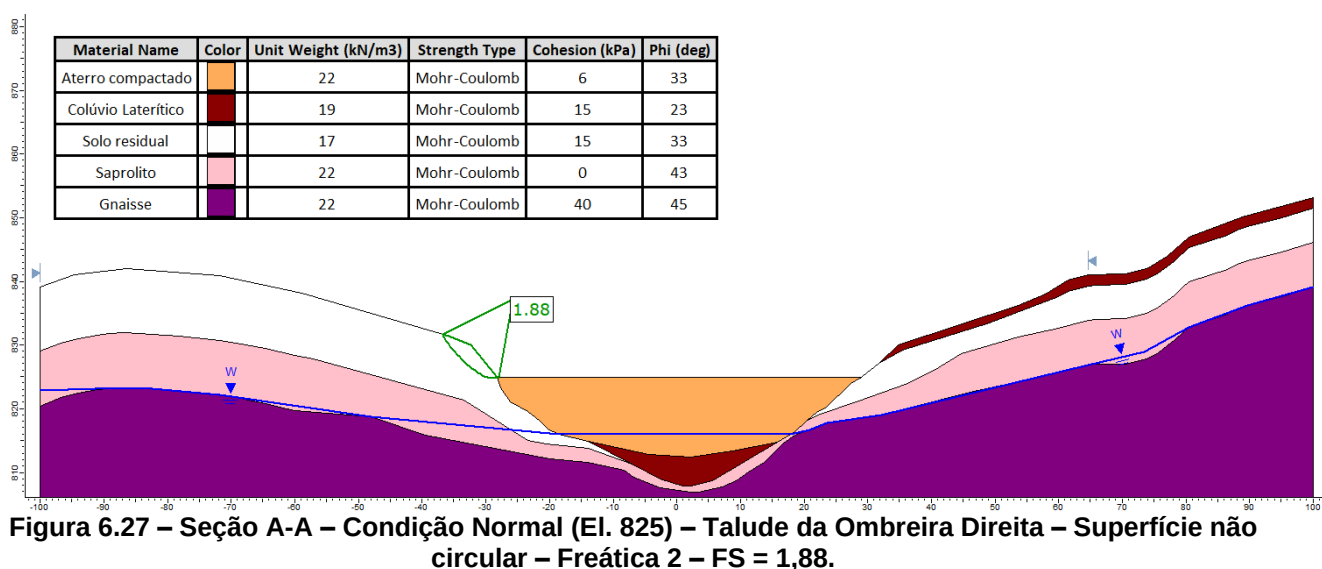
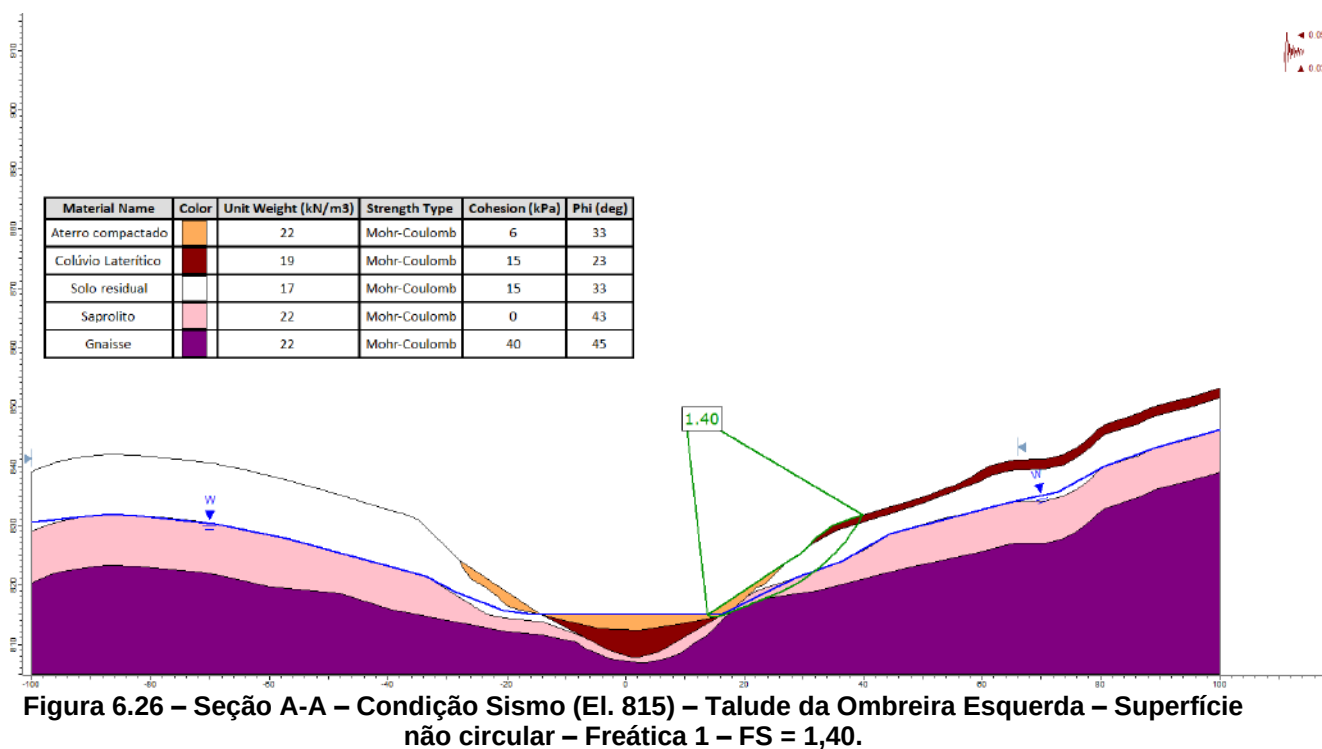
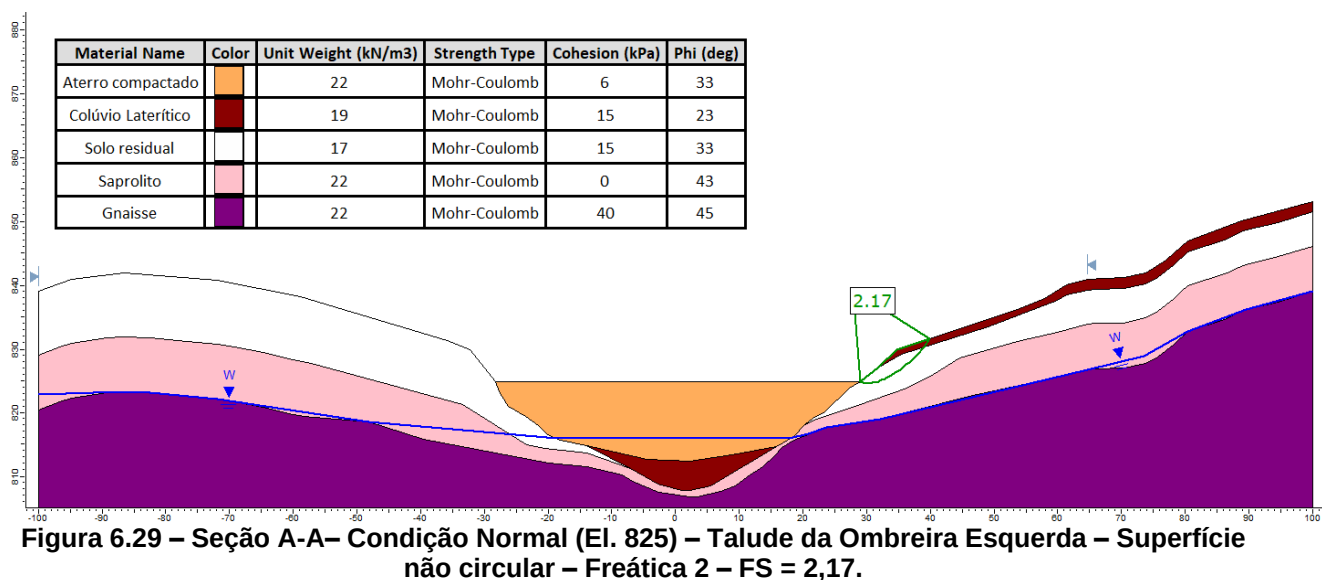
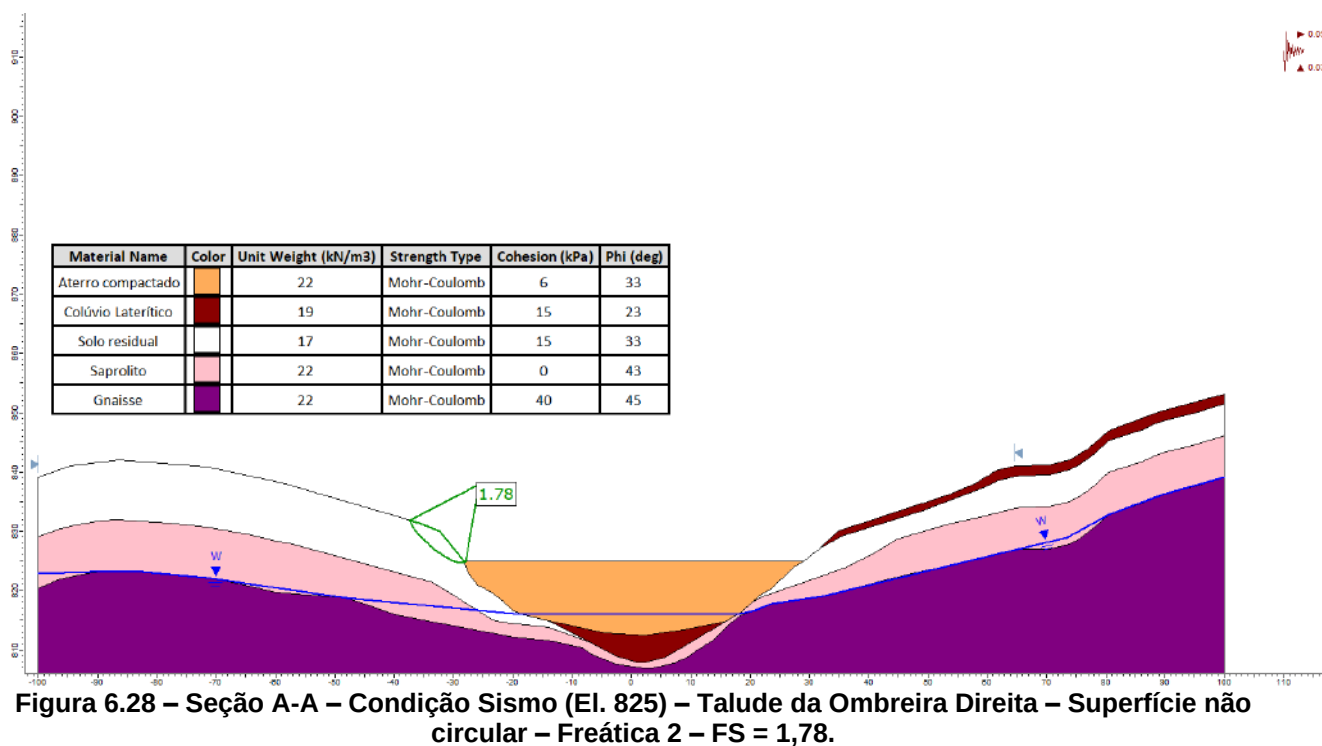


Figura 6.25 – Seção A-A – Condição Normal (El. 815) – Talude da Ombreira Esquerda – Superfície não circular – Freática 1 – FS = 1,55.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 76/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0



		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 77/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0



		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 78/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

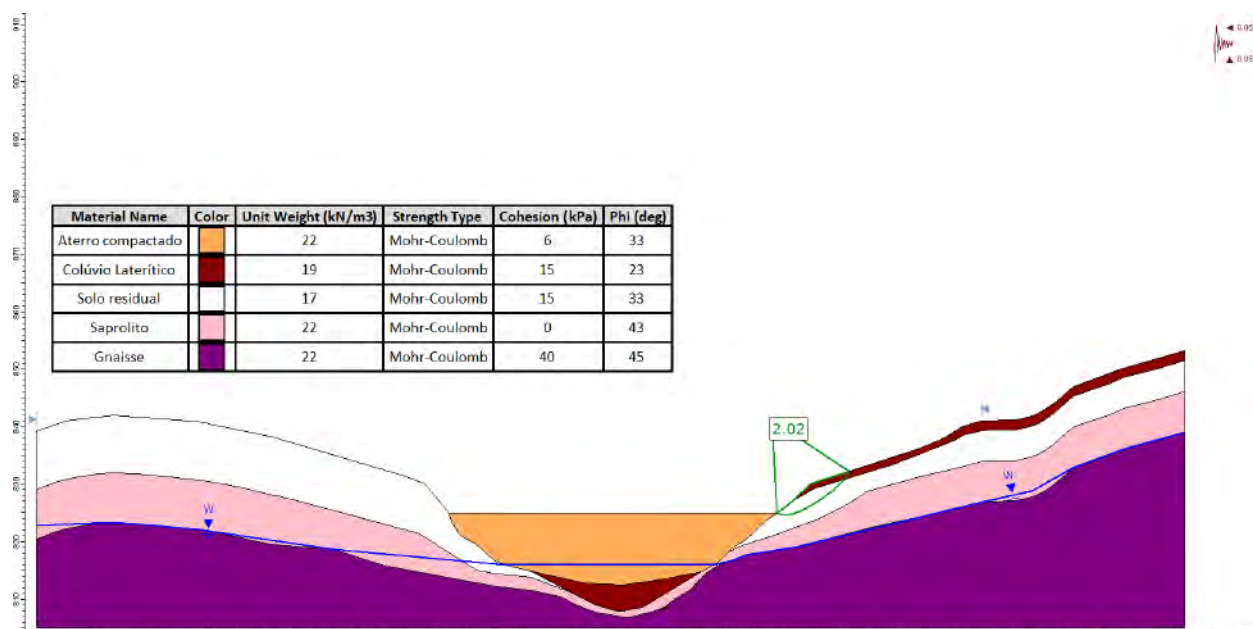


Figura 6.30 – Seção A-A – Condição Sismo (El. 825) – Talude da Ombreira Esquerda – Superfície não circular – Freática 2 – FS = 2,02.

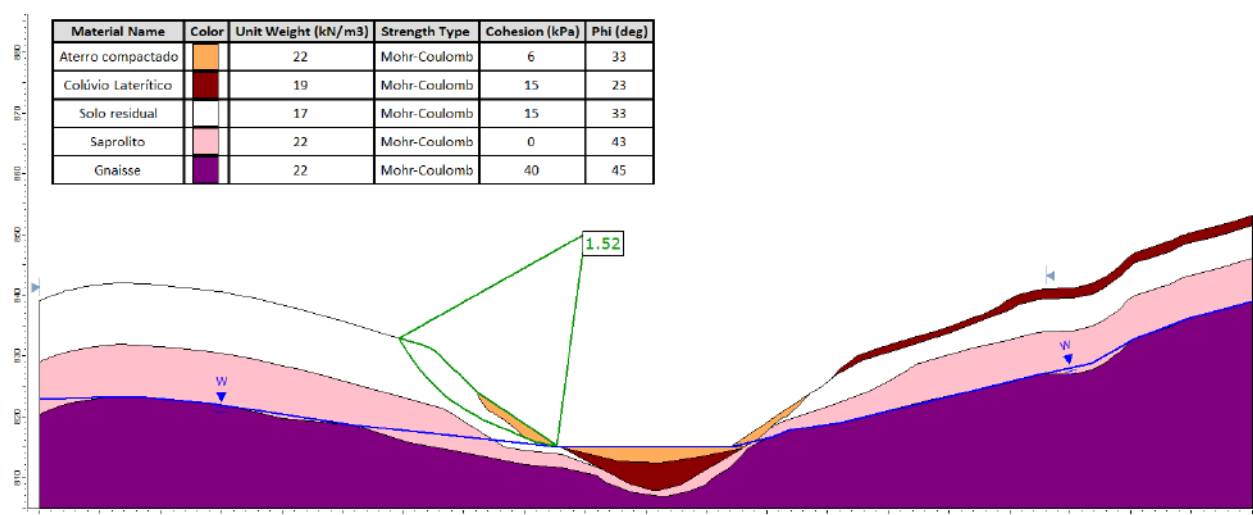
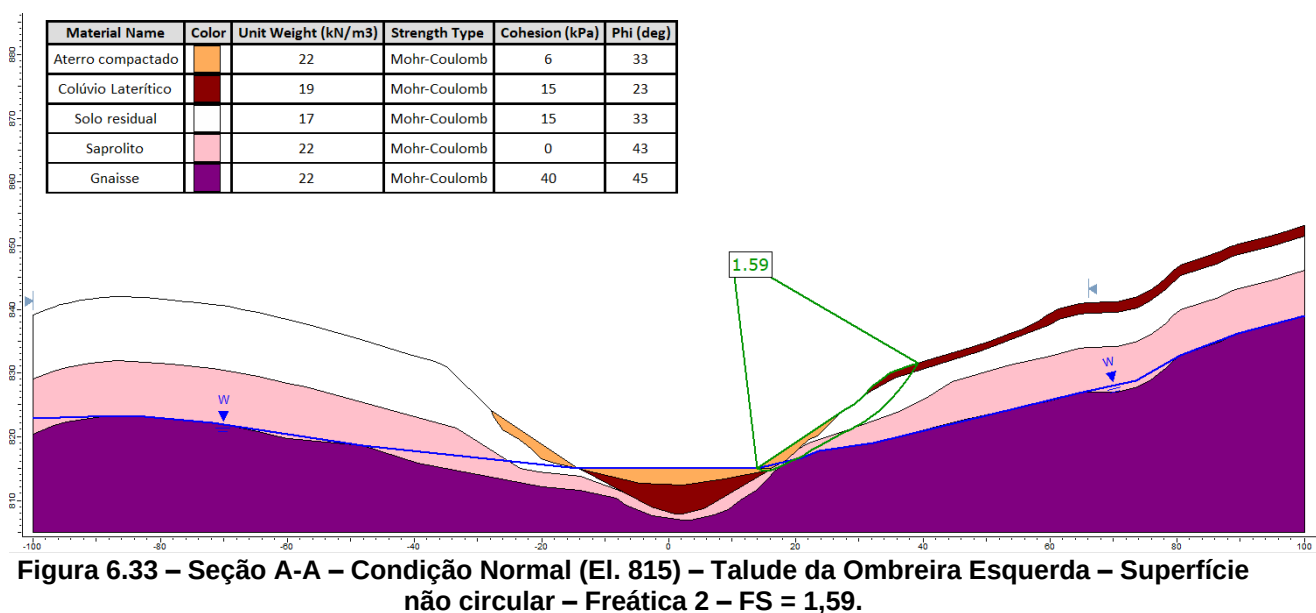
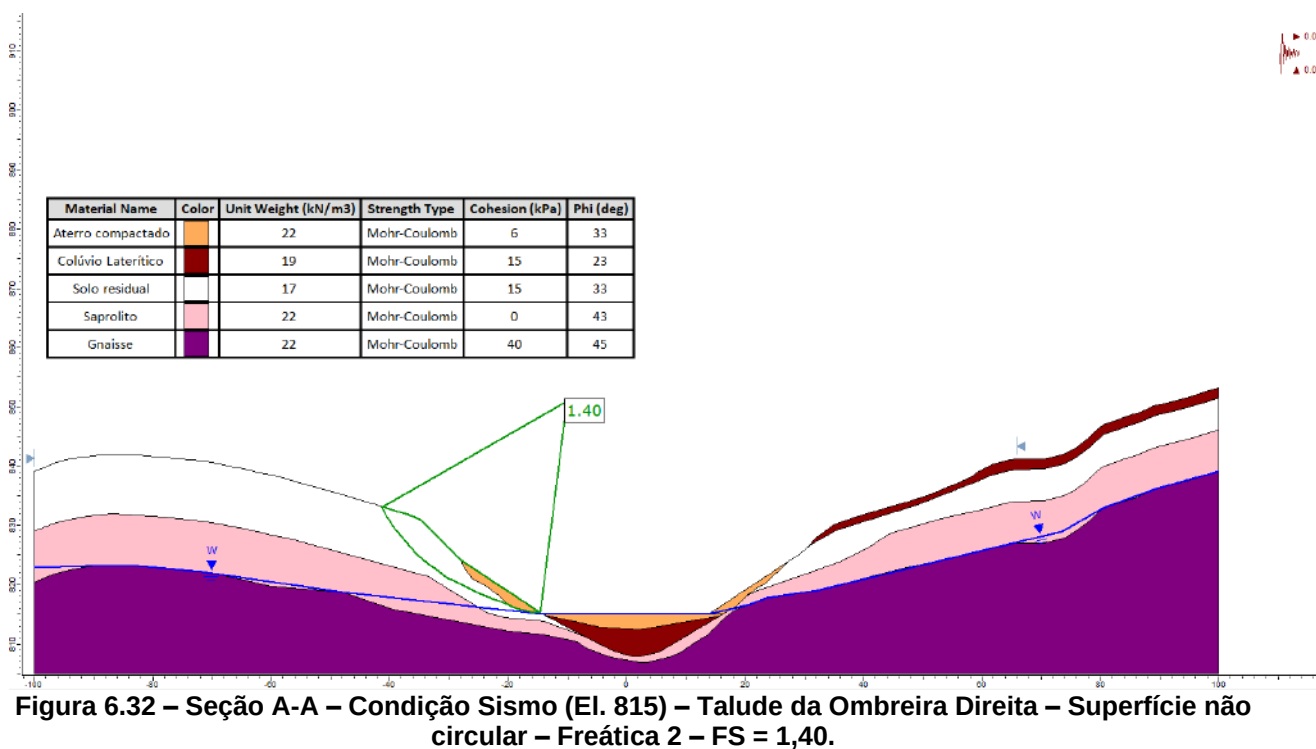


Figura 6.31 – Seção A-A – Condição Normal (El. 815) – Talude da Ombreira Direita – Superfície não circular – Freática 2 – FS = 1,52.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 79/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0



		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 80/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

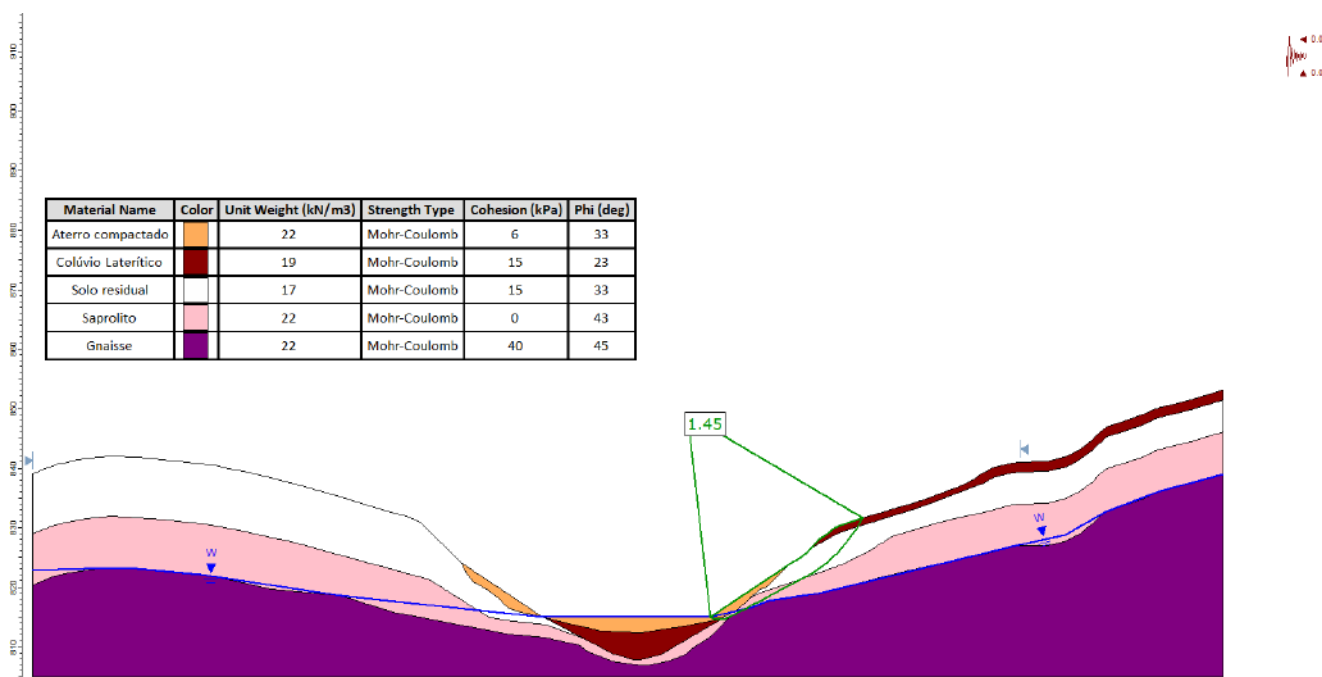


Figura 6.34 – Seção A-A – Condição Sismo (El. 815) – Talude da Ombreira Esquerda – Superfície não circular – Freática 2 – FS = 1,45.

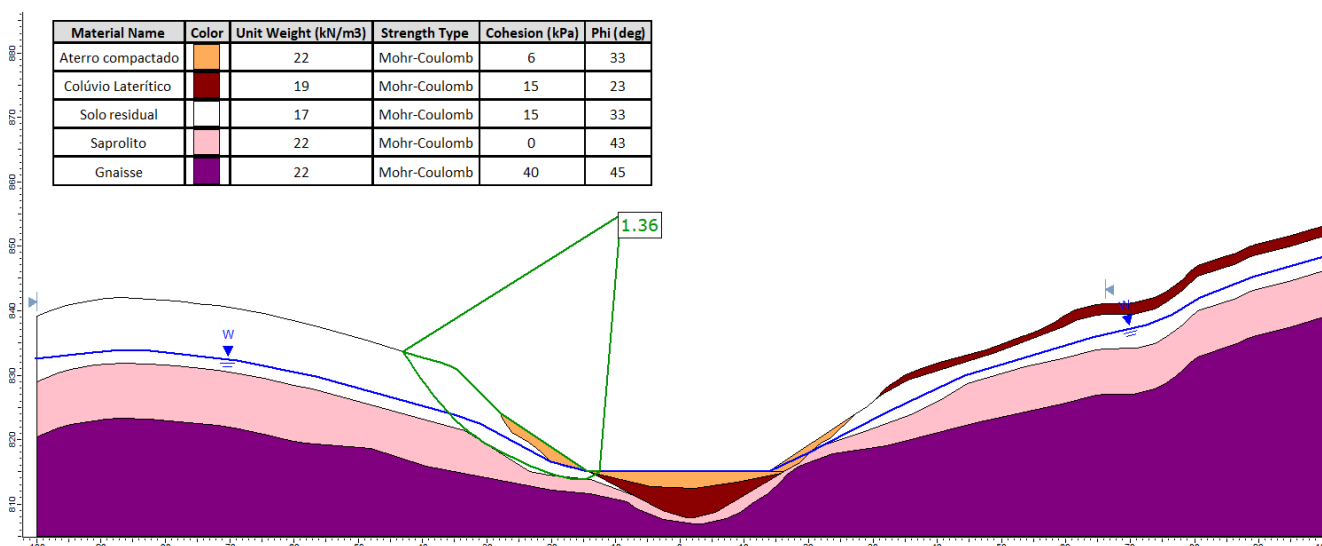


Figura 6.35 – Seção A-A – Condição Crítica (El. 815) – Talude da Ombreira Direita – Superfície não circular – FS = 1,36.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201 Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	PÁGINA 81/97 REV. 0

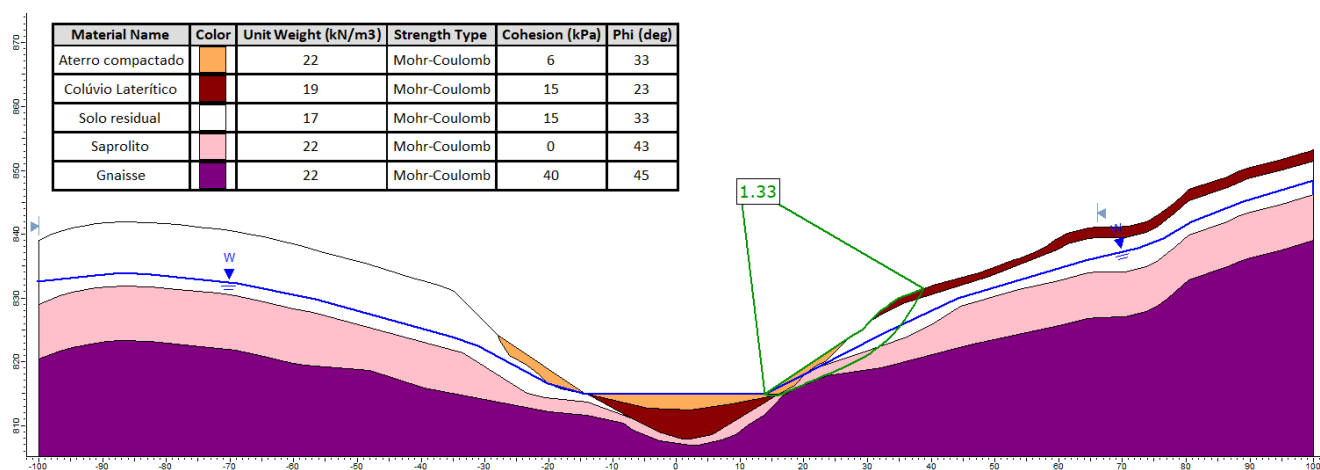


Figura 6.36 – Seção A-A – Condição Crítica (El. 815) – Talude da Ombreira Esquerda – Superfície não circular – FS = 1,33.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 82/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

6.2. ESTUDOS HIDROTECNICOS

6.2.1 Estudos Sedimentológicos

Conforme descrito no item 5.3.1, os estudos sedimentológicos tiveram por objetivo caracterizar e estimar o aporte natural de sedimentos da bacia de contribuição da Barragem Menezes I. Portanto, a premissa adotada é a de condição futura de fechamento da PDE Menezes III na face oeste, sendo interrompido o lançamento de material referente a atividade fim e realizada a vegetação de todo o empilhamento, de modo a reduzir a geração de sedimentos pela estrutura, ou seja, os estudos foram desenvolvidos considerando que no momento de implantação da descaracterização, a drenagem da pilha PDE Menezes III tenha sido totalmente desviada para a Barragem Menezes II.

Foram mapeados 2 tipos de uso e ocupação do solo a montante da barragem, quais sejam:

- Terreno natural;
- Área de Mineração (Pilha).

Foram definidas taxas de sedimentação(T), relativas à geração e transporte dos sedimentos, para cada um desses tipos. Adotou-se 30 m³/ha.ano para Terreno Natural e 300 m³/ha.ano para Pilha PDE Menezes III, e calculado o aporte de sedimentos proveniente das áreas de contribuição de Menezes I, conforme mostrado na tabela Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Cálculo do Volume Morto do Reservatório.

Área de Drenagem (ha)		Taxa de Sedimentação (m ³ /ha.ano)		Aporte de Sedimentos (m ³)
Terreno Natural	Área de mineração	Terreno Natural	Área de mineração	
56,5	44,6	30	300	15.075

É importante ressaltar que, durante a execução das obras e mesmo após a conclusão das obras, com a diminuição do aporte de sedimentos para Menezes I, nos primeiros anos, até a estabilização, necessitará maior monitoramento e manutenção de toda área, para evitar eventuais problemas relacionados a descaracterização.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 83/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Após o descomissionamento de Menezes I, todo aporte será direcionado para o reservatório da Barragem subsequente, Menezes II. Como visto no item 5.3.1, a vida útil é favorável ao recebimento desse aporte de Menezes I, tendo sido a capacidade da Barragem Menezes II verificada com a condição futura, nos estudos hidrológicos-hidráulicos da mesma, como pode ser visto no documento RL-2023GG-X-00005.

6.2.2 Drenagem superficial

O arranjo para a descaracterização contemplou a remoção total do maciço e do reservatório da Barragem Menezes I.

Após a descaracterização o fluxo do talvegue natural deverá seguir pela nova condição de calha formada. Diante disso, buscou-se uma solução que tivesse maior integração ambiental das estruturas a serem implantadas com as áreas do entorno:

- Foram priorizadas a utilização de elementos naturais para a concepção do sistema de drenagem superficial.
- Adotaram-se materiais condizentes com o desempenho hidráulico, mínima interferência nas estruturas adjacentes e que não exija manutenção frequente diante do panorama de descomissionamento das estruturas.
- Outras alternativas quanto a geometria e revestimento do canal já estão sendo desenvolvidas e serão concluídas no Projeto Básico. Solução que busque a otimização da solução proposta no Projeto Conceitual, a combinação entre uma geometria com desenvolvimento hidráulico mais favorável, seções mistas, caso seja possível, e tipos de revestimentos que permitam maior integração ambiental da obra.

Para o contexto do Projeto Conceitual, mantendo-se as incertezas e inconsistências encontradas no estudo anterior a esse, devido à falta de levantamentos atualizados de campo, após análises geológicas, geotécnicas e hidrotécnicas foi proposta a solução de arranjo para a descaracterização, mantendo uma geometria conservadora, deixando uma seção disponível que atendesse os dimensionamentos hidráulicos, mas que evitasse o aprofundamento da escavação e um possível tratamento da fundação que dificultasse a estabilidade dos taludes laterais e da configuração geométrica em geral.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 84/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Porém, para o Projeto Básico e após as análises pertinentes, será revisada/otimizada e melhor detalhada. Outras alternativas quanto a geometria e revestimento do canal já estão sendo desenvolvidas, porém serão concluídas no Projeto Básico. Solução que busque a combinação entre uma geometria com desenvolvimento hidráulico mais favorável, seções mistas, caso seja possível, e tipos de revestimentos que permitam maior integração ambiental da obra.

Da análise e interpretação geológica concluiu-se que, a Barragem Menezes I está inserida no contexto geológico dos gnaisses arqueanos, cobertos parcialmente por depósitos coluvionares/eluvionares. O maciço da barragem é caracterizado como aterro silto-argiloso com presença de areia e pedregulhos variando de 3 a 5 cm. A fundação da barragem é composta por solo residual e saprolito de gnaiss, e colúvio laterítico. Na ombreira esquerda está restrita a ocorrência de solos de cobertura, sobrepostos a solos de alteração de gnaiss, que predominam na ombreira direita.

Diante das interpretações geológicas, foram feitas as análises de estabilidade, de seções em diferentes elevações, para as fases de execução do projeto e para a condição final da região após a descaracterização da estrutura, na El. 815,00 m, considerando o fator de segurança mínimo igual a 1,5. Para a fase final da descaracterização, onde a drenagem será implantada, os fatores ficaram abaixo de 1,1 para a condição de sismo.

Após as verificações acima, foi traçada a seção longitudinal do trecho total a ser descaracterizado, desde o ponto mais a montante do reservatório até mais a jusante da barragem, desenvolvendo-se assim, geometrias que fossem compatíveis com os resultados das análises geológico-geotécnicas e que não comprometessem o desempenho hidráulico. A figura abaixo, tirada do desenho 1850JJ-X-31340, apresenta a seção longitudinal.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 85/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

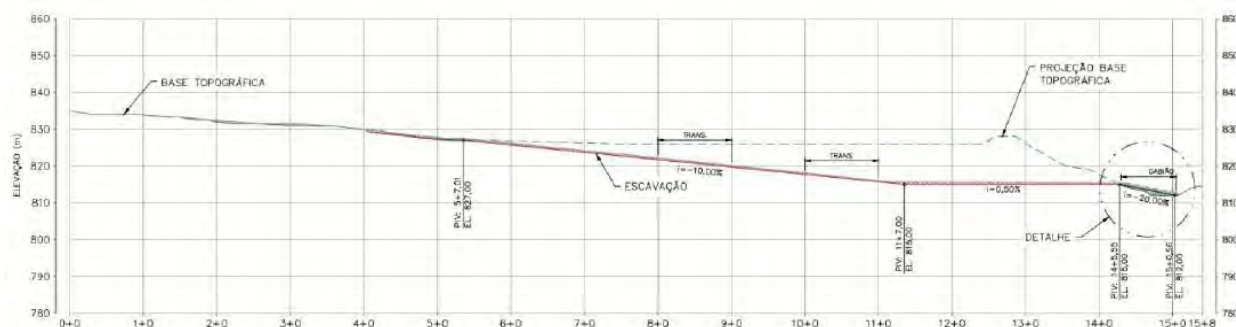


Figura 6.37 – Perfil longitudinal do canal de drenagem desenvolvido. (Fonte: 1850JJ-X-31340 – BVP)

O arranjo da drenagem superficial, segundo desenhos 1850JJ-X-31339 e 1850JJ-X-31340, contempla um canal natural desde a cota 830,00 m até a cota 812,00, vencendo um desnível de aproximadamente 18 m, revestido com enrocamento com diâmetro variável e com seção típica também variável, devido as diferentes declividades ao longo do canal.

O canal foi dimensionado para a vazão com TR 10.000 anos, como justificado no item 5.2.3, igual a 20,6 m³/s. Os diâmetros do revestimento, no contato com o fluxo, foram adotados de maneira a facilitar a implantação durante a obra, sem grandes variações de tamanho. As declividades foram estabelecidas com a finalidade de manter a integridade e a configuração da estrutura de drenagem, bem como, a transição com geotêxtil, no contato com a seção escavada (solo e blocos). As dimensões das seções típicas atenderam as seguintes premissas, para melhorar as condições geotécnicas de estabilidade:

- inclinação lateral: 1,5H:1V;
- espessura do revestimento: e = min 1,5 m.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 86/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

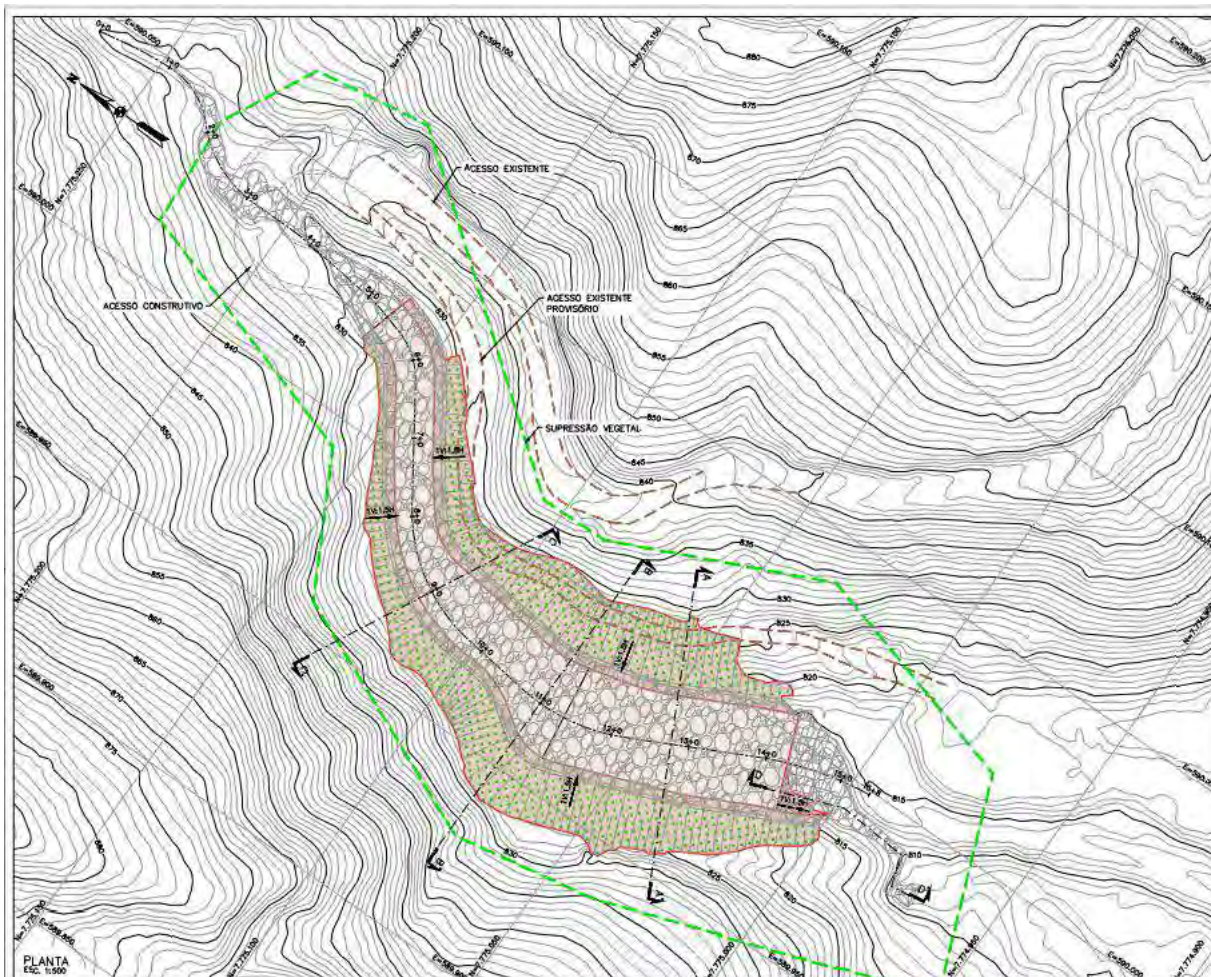


Figura 6.38 – Arranjo do canal de drenagem. (Fonte: 1850JJ-X-31339 – BVP)

O trecho inicial do canal, entre as estacas 1+0 e 5+0, foi revestido por blocos, conformando somente o leito do talvegue, para favorecimento hidráulico da transição do fluxo da calha natural para a nova condição de calha.

O trecho entre as estacas 5+0 e 8+0, desenvolveu-se em canal escavado, com declividade igual a 10%, seção trapezoidal, com 10 m de base de fundo e taludes laterais com inclinação de 1,5H:1V, revestido por blocos com D50 igual a 0,6 m, que resultaram em uma lâmina d'água de 0,53 m e velocidade média do trecho de 3,64 m/s.

O trecho entre as estacas 8+0 e 9+0, é um trecho de transição com expansão da geometria da base do canal escavado, de 10 m para 14 m, com declividade igual a 10%, seção trapezoidal e taludes laterais com inclinação de 1,5H:1V, revestido por blocos com

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 87/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

D50 igual a 0,6 m, que resultaram na diminuição da lâmina d'água de 0,53 m para 0,43 m e velocidade média do trecho de 3,46 m/s.

O trecho entre as estacas 9+0 e 10+0, desenvolveu-se em canal escavado, com declividade igual a 10%, seção trapezoidal, com 10 m de base de fundo e taludes laterais com inclinação de 1,5H:1V, revestido por blocos com D50 igual a 0,6 m, que resultaram em uma lâmina d'água de 0,43 m e velocidade média do trecho de 3,27 m/s.

O trecho entre as estacas 10+0 e 11+0, é um trecho de transição com expansão da geometria da base do canal escavado, de 14 m para 23 m, com declividade igual a 10%, seção trapezoidal e taludes laterais com inclinação de 1,5H:1V, revestido por blocos com D50 igual a 0,6 m, que resultaram na diminuição da lâmina d'água de 0,43 m para 0,32 m e velocidade média do trecho de 3,12 m/s.

O trecho entre as estacas 11+0 e 12+0, desenvolveu-se em canal escavado, com declividade igual a 10%, seção trapezoidal, com 23 m de base de fundo e taludes laterais com inclinação de 1,5H:1V, revestido por blocos com D50 igual a 0,5 m, que resultaram em uma lâmina d'água de 0,31 m e velocidade média do trecho de 2,79 m/s.

O trecho entre as estacas 12+0 e 14+5,55, desenvolveu-se em canal escavado, com declividade igual a 0,5%, seção trapezoidal, com 23 m de base de fundo e taludes laterais com inclinação de 1,5H:1V, revestido por blocos com D50 igual a 0,5 m, que resultaram em uma lâmina d'água de 0,31 m e velocidade média do trecho de 2,79 m/s.

Ao longo de toda extensão do canal, as elevações de lâmina d'água geradas por transição de seção ou por mudança de declividade, formando ressalto hidráulico, mantiveram-se dentro da seção dimensionada do canal. Na próxima etapa do projeto, quando do recebimento dos levantamentos de campo, a geometria do canal será otimizada e melhor detalhada, de forma a favorecer as condições hidráulicas do escoamento.

O trecho entre as estacas 14+5,55 e 15+0,56, com declividade igual a 20%, desenvolveu-se com escoamento em degraus, calculados no regime nappe flow, com 4 degraus de

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 88/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

25 m de largura e taludes laterais com inclinação de 1,5H:1V, patamar com 2,5 m e espelho de 0,5 m, revestidos por Gabião caixa, que resultaram em uma lâmina d'água de 0,41 m e velocidade média do trecho de 5,1 m/s.

Ao final, no trecho a jusante da estaca 15+0,56, foi necessário a implantação de uma bacia de dissipação, calculada no SisCCoH, bacia tipo I, com comprimento mínimo de 10 m, com velocidade de saída 1,37 m/s, declividade de 0,5% no trecho inicial da bacia e após, a declividade acompanha o terreno natural, não havendo formação remanso, energia dissipada de 0,04 m e revestida por blocos com D50 de 0,7 m, verificados pela metodologia do Hydraulic Design Criteria – Corps of Engineers. Após a bacia de dissipação, o leito da calha natural foi conformado com blocos, até aproximadamente a elevação 810,0 m, para melhorar as condições hidráulicas para jusante.

Todo projeto do canal de drenagem será revisado na fase de projeto básico, após o recebimento dos levantamentos de campo, solucionando os pontos a serem otimizados identificados no projeto conceitual.

O perfil abaixo apresenta as configurações hidráulicas ao longo do canal dimensionado, tais como fundo do canal, linha d'água e energia.

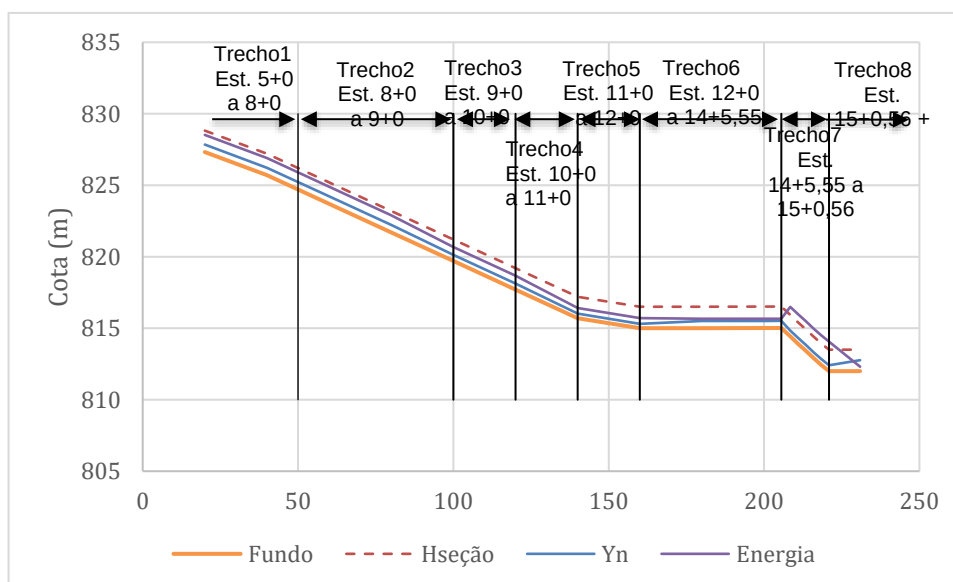


Figura 6.39 – Perfil dos resultados dos dimensionamentos

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 89/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

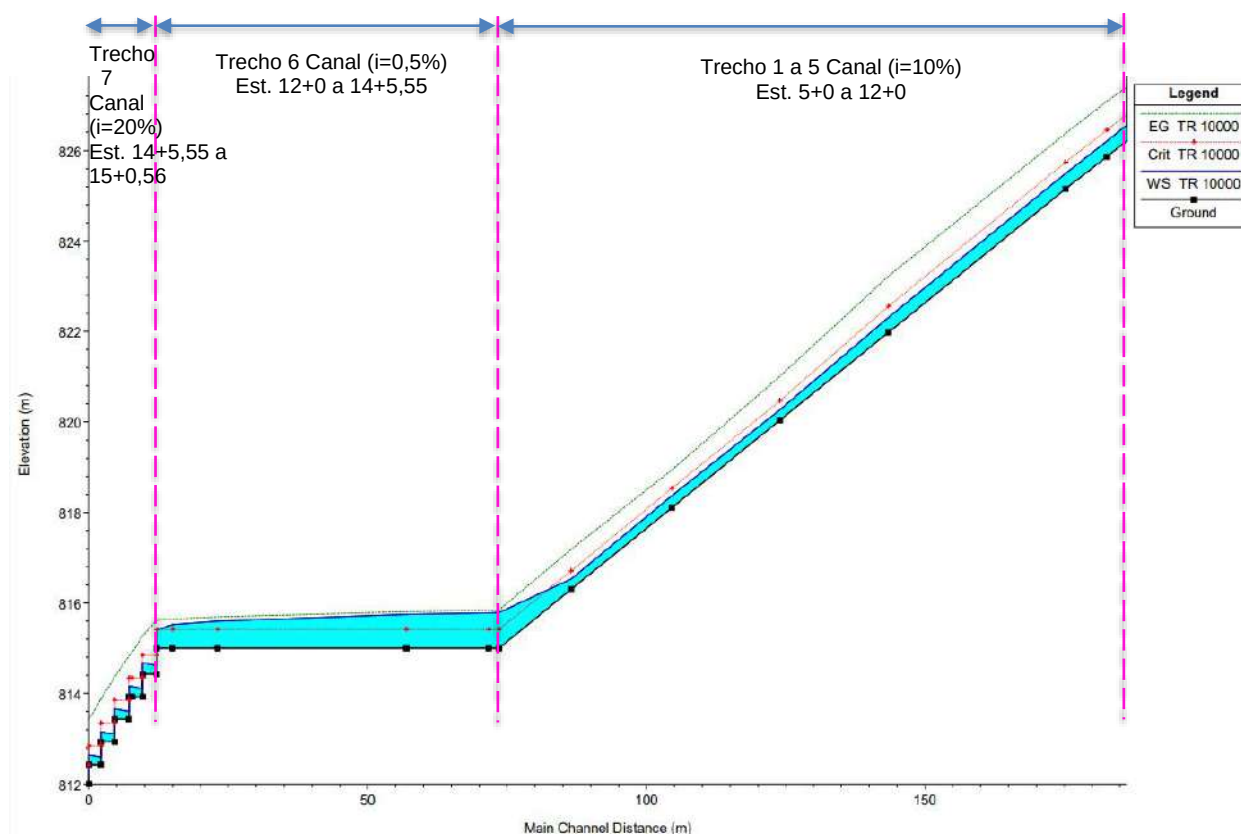


Figura 6.40 – Perfil da linha de água no canal de drenagem, para a vazão defluente máxima com TR 10.000 anos.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 90/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

Tabela 6.4 – Resumo dos dimensionamentos hidráulicos

Dispositivo de drenagem	Trechos	Estacas	Q prj	Material	Tipo	y	y¹	B	H	L	Transição		Patamar	Espelho	i	D50	e(2*D50)	v
			m³/s			m	m	m	m	m			m	m/m	m	m	m/s	
Talvegue Natural	inicial	1+0 a 5+0	Conformação do leito do talvegue a partir de revestimento em blocos, para favorecimento hidráulico da transição do fluxo da calha natural para a nova condição de calha.															
Canal	1	5+0 a 8+0	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,53	-	10	1,5	-			-	-	0,1	0,6	1,2	3,64
			20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,53	-	10	1,5	-			-	-	0,1	0,6	1,2	3,64
			20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,53	-	10	1,5	-			-	-	0,1	0,6	1,2	3,64
	2	8+0 a 9+0	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,43	-	-	1,5	-	expansão	4/1	-	-	0,1	0,6	1,2	3,64
	3	9+0 a 10+0	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,43	-	14	1,5	-			-	-	0,1	0,6	1,2	3,27
	4	10+0 a 11+0	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,32	-	-	1,5	-	expansão	4/1	-	-	0,1	0,6	1,2	3,27
	5	11+0 a 12+0	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,31	-	23	1,5	-	-	-	-	-	0,1	0,5	1	2,79
	6	12+0 a 14+5,55	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,5	-	23	1,5	-			-	-	0,005	0,5	1	2,79
			20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,5	-	23	1,5	-			-	-	0,005	0,5	1	1,74
	7	14+5,55 a 15+0,56	20,6	Gabião	Trapezoidal	-	0,41	25	1,5	-			2,5	0,5	-	-	-	5,1
Bacia	8	15+0,56 +	20,6	Enrocamento	Trapezoidal	0,6	-	25	1	10			-	-	0,005	0,7		1,37

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 91/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

7. SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA

Em função do arranjo para a descaracterização, que contemplou a remoção total do maciço e do reservatório da Barragem Menezes I, e implantação de um canal ambientalmente reintegrável, para auxiliar no fluxo d'água do talvegue natural, foi prevista a sua execução em duas fases distintas, conforme descrito a seguir, e ilustrado no desenho 1850JJ-X-31344.

7.1 ETAPA INICIAL

Dado início as mobilizações já com as devidas licenças, prevê-se a remoção de vegetação no local de execução da obra e em paralelo, são executados os acessos construtivos para viabilizar a logística e o tráfego, principalmente de equipamentos. Conforme projetos 1850JJ-X-31345 e 1850JJ-X-31343, figuras a seguir.

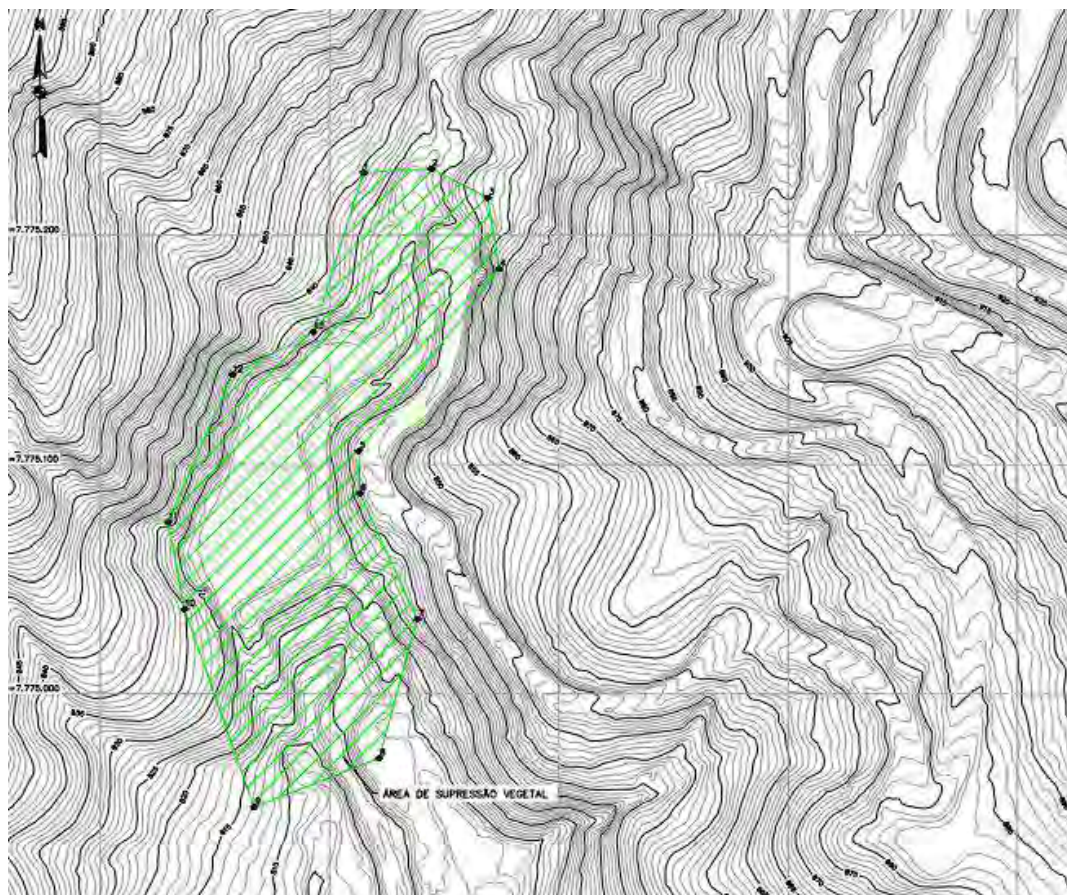


Figura 7.1 – Supressão vegetal – Planta (Fonte: 1850JJ-X-31345 – BVP)

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 92/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

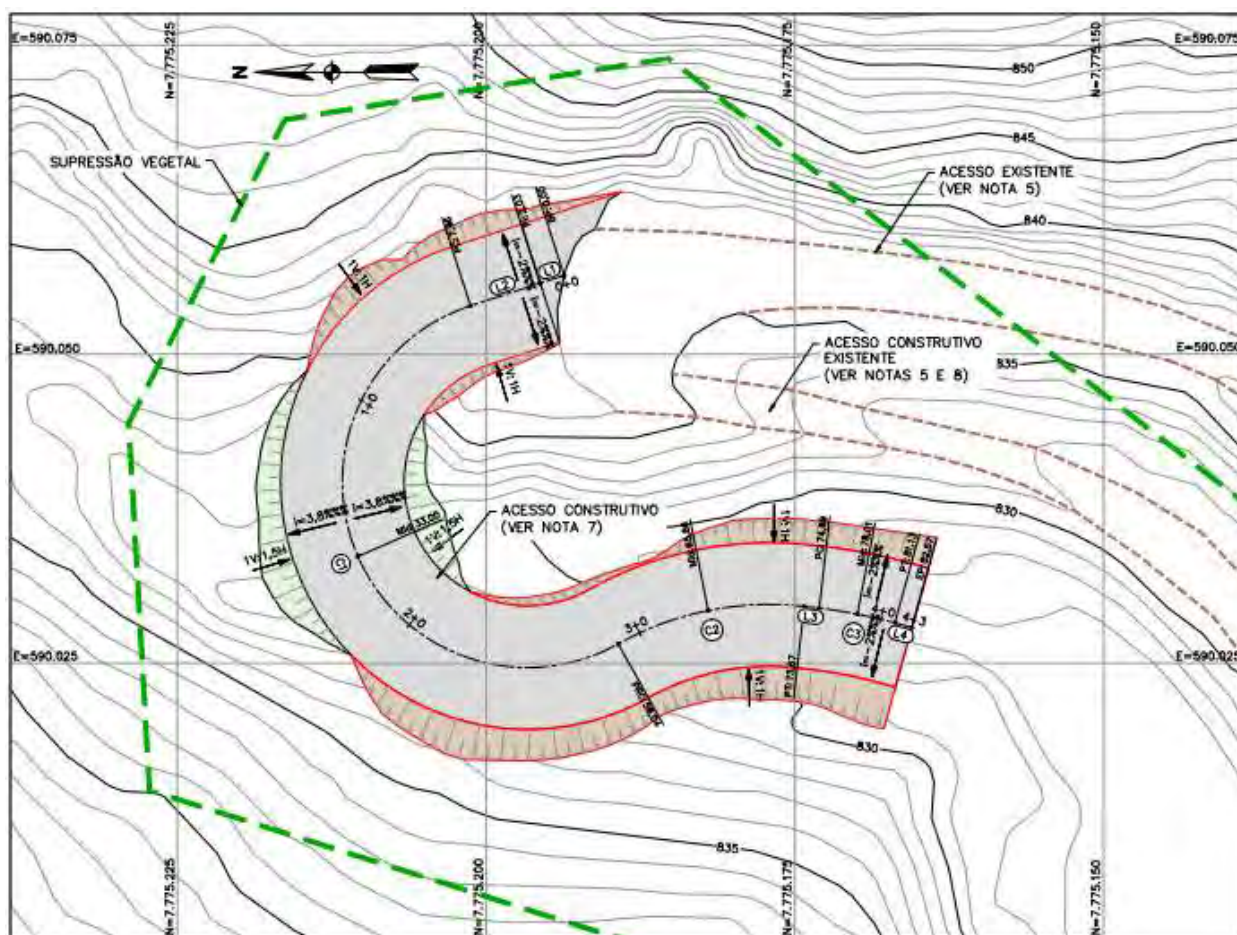


Figura 7.2 – Acesso Construtivo – Planta (Fonte: 1850JJ-X-31343 – BVP)

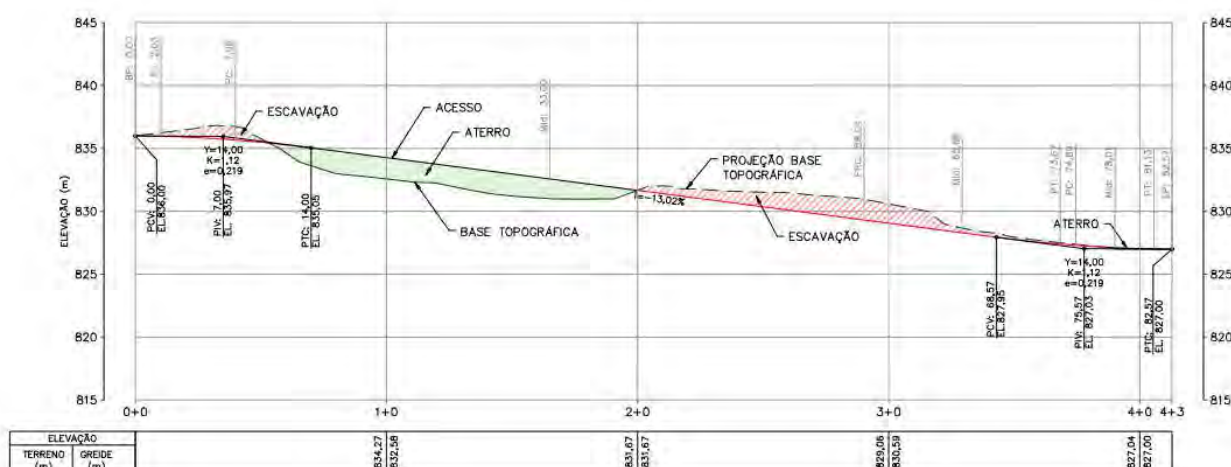


Figura 7.3 – Acesso Construtivo – Perfil longitudinal (Fonte: 1850JJ-X-31343 – BVP)

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 93/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

A obra deverá ser planejada para ter início no período seco do ano hidrológico, facilitando o esgotamento do reservatório, que poderá ser feito através da construção de ensecadeiras a montante, com elevações adequadas para proteger as obras de níveis d'água associados a TRs menores. A melhor solução de desvio será definida no Projeto Básico, quando da definição do arranjo final, bem como os estudos para rebaixamento rápido do reservatório, caso necessário.

As obras de remoção do sedimento do reservatório se farão até a El. 824,00. Em conjunto com a remoção do aterro da barragem, até a El. 825,00 m, deverá ser feito o rebaixamento dos instrumentos de crista, com a finalidade de dar continuidade as leituras de monitoramento. Em seguida, será executada a demolição e remoção do extravasor em concreto na ombreira direita. Todo volume removido será destinado para locais apropriados, indicados pela Vale.

Durante a execução das obras necessitará maior monitoramento e manutenção de toda área, inclusive na Barragem Menezes II, para evitar eventuais problemas com aporte de sedimentos relacionados a descaracterização.

7.2 ETAPA FINAL

Inicialmente será feita a remoção dos sedimentos do reservatório e do aterro da barragem, para as cotas previstas nas análises de estabilidade:

- (A) Escavar os sedimentos do reservatório até a El. 821,00 m;
- (B) Remover o aterro da barragem até a El. 822,00 m;
- (C) Escavar os sedimentos do reservatório até a El. 818,00 m;
- (D) Remover o aterro da barragem até a El. 819,00 m;
- (E) Escavar os sedimentos do reservatório até a El. 815,00 m;
- (F) Remover o aterro da barragem até a El. 815,00 m;

Os desenhos 1850JJ-X-31337 e 1850JJ-X-31338 apresentam o projeto de escavação até a El.815,00m, conforme indicado nas figuras a seguir.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 95/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

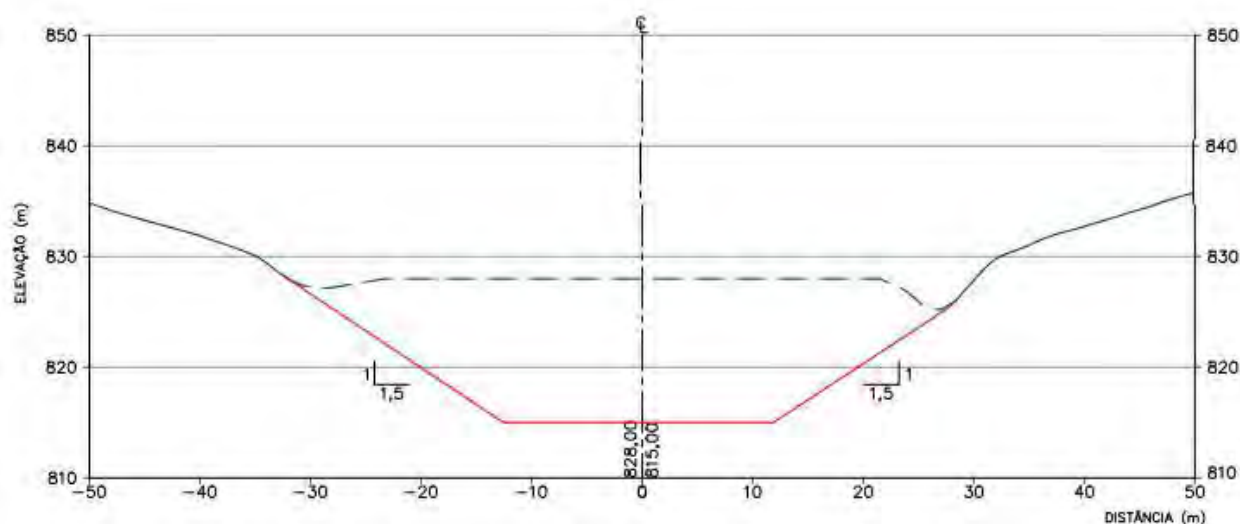


Figura 7.6 – Arranjo Geral – Seção A (passa pela crista da barragem)
(Fonte: 1850JJ-X-31338 – BVP)

Após a remoção e escavação, será iniciada a construção do canal de drenagem proposto. Inicialmente, será implantada a transição com geotêxtil sobre a seção escavada. Em seguida, serão executados os revestimentos pré-definidos para cada trecho do canal e seguindo as especificações técnicas para cada material, conforme apresentado no item 6.2.2 deste relatório.

Por fim será feito o tratamento dos taludes escavados com proteção vegetal, acima das seções laterais do canal e onde houver necessidade, bem como a instrumentação dos taludes para monitoramento.

8. DISPOSIÇÃO DOS MATERIAIS REMOVIDOS

Durante as reuniões técnicas, a equipe da VALE sugeriu utilizar a área próxima ao pé da barragem como uma área de espera e deposição do material a ser removido (ver desenho 1850JJ-X-31342). No entanto, após estudos de sequenciamento construtivo de descaracterização da Barragem Menezes I e acessos construtivos, a equipe da BVP concluiu que a área indicada poderá ser utilizada somente no início das obras de remoção dos materiais, pois o acesso à essa área será temporário e deverá ser removido quando a crista da barragem atingir cota inferior à El.825,00m. Dessa forma, a VALE

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31201	PÁGINA 96/97
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0002	REV. 0

deverá indicar outra área para disposição do material removido. A área a ser indicada pela VALE deverá suportar o volume total de 38.505 m³.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações disponibilizadas pelo cliente são as mesmas referentes ao projeto anterior de estudo de viabilidade, não sendo disponibilizadas novas informações. Para o estudo atual (Projeto em nível conceitual), os dados fornecidos atendem o projeto de forma parcial, sendo feitos alguns ajustes nos parâmetros geotécnicos e na geologia local. Porém, para as etapas seguintes, é necessário que sejam feitos novos levantamentos da topografia da área de interesse, sondagens e ensaios geotécnicos descritos no desenho 1850JJ-X-31335 e na especificação técnica (ET-1850JJ-X-00023) emitidos pela BVP Engenharia.

Os estudos hidráulicos, referente a geometria dos trechos em canal, divergiram dos Estudos de Alternativas devido às inconsistências pela ausência de levantamentos atualizados, topografia e investigações. No Projeto Conceitual, preferiu-se manter uma geometria conservadora, porém para o Projeto Básico e após as análises pertinentes, será revisada/otimizada e melhor detalhada uma solução que busque a combinação entre uma geometria com desenvolvimento hidráulico mais favorável e tipos de revestimentos que permitam maior integração ambiental da obra.



Anexo IX - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31241



INTERNA

**DESCARACTERIZAÇÃO DA
BARRAGEM MENEZES I
S4978**

PROJETO CONCEITUAL
UTILIDADES / BARRAGENS
RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº VALE

RL-1850JJ-X-31241

Nº (CONTRATADA)

18114-148B-1-GE-RT-0007

PÁGINA

1/19

REV.

A

REVISÕES

TE: TIPO A - PRELIMINAR C - PARA CONHECIMENTO E - PARA CONSTRUÇÃO G - CONFORME CONSTRUÍDO
EMIÇÃO B - PARA APROVAÇÃO D - PARA COTAÇÃO F - CONFORME COMPRADO H - CANCELADO

[illegible]

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 2/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	INTRODUÇÃO	3
2.	OBJETIVO.....	3
3.	LOCALIZAÇÃO	3
4.	ESTUDOS GEOLÓGICOS.....	5
5.	ESTUDOS GEOTÉCNICOS.....	8
5.1	Análise de Estabilidade	10
5.2	Parâmetros Geotécnicos.....	10
6.	ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	11
6.1.	Sedimentologia	12
6.2.	Estudo de Chuvas Intensas.....	17
6.3.	Critério da Cheia de Projeto.....	17
6.4.	Metodologia de Cálculo	18
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	18

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 3/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

1. INTRODUÇÃO

Por meio da proposta técnica PP-BVP-114.148.18-00, a BVP Engenharia foi contratada pela VALE para o desenvolvimento do “Projeto Conceitual para Descaracterização da Barragem Menezes I”.

2. OBJETIVO

Este relatório tem como objetivo apresentar as premissas, critérios e metodologias de projeto dos pontos de vista geológico, geotécnico e hidrológico-hidráulicos a serem adotados na elaboração do projeto conceitual.

3. LOCALIZAÇÃO

A Barragem Menezes I localiza-se no Córrego Olaria, na Mina Córrego do Feijão, no município de Brumadinho, Minas Gerais. A barragem tem por finalidade a contenção de sedimentos provenientes das áreas de depósitos de estéril (PDE Menezes III), estradas e áreas de lavras. Na mesma linha de drenagem, posicionada mais a jusante, encontra-se a Barragem Menezes II.

A Barragem Menezes I está localizada nas coordenadas UTM 589.975 E / 7.775.044N (Datum Sirgas 2000). Na Figura 3.1 é apresentada a sua locação e área de entorno, e na Figura 3.2 é apresentada a vista geral da estrutura.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 4/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A



Figura 3.1 – Localização da Barragem Menezes I (Google Earth).



Figura 3.2 – Vista geral da Barragem Menezes I.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 5/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

4. ESTUDOS GEOLÓGICOS

A caracterização geológico-geotécnica da fundação e entorno da Barragem Menezes I será apresentada na forma de seções e mapa para dar suporte às análises de estabilidade do projeto de remoção da estrutura.

Ressalta-se que também serão utilizados os dados disponibilizados referentes aos relatórios disponíveis da estrutura, bem como quaisquer dados de investigações que foram disponibilizados para auxiliar na interpretação dos cenários geológico-geotécnico da área.

Além disso, a caracterização será baseada no mapeamento geológico, planta e seções produzidos pela BVP.

A interpretação hidrotécnica das seções deverá ser feita a partir dos dados de monitoramento de N.A, a serem fornecidos pela VALE e extrapolações que se fizeram necessárias, devidamente validadas com a equipe responsável pelo projeto.

As Tabela 4.1, Tabela 4.2, Tabela 4.3 e Tabela 4.4 apresentam os parâmetros a serem adotados nas classificações geomecânicas de campo e para descrição das sondagens.

**Tabela 4.1 – Índice de Grau de Alteração (intemperismo) das rochas
(Adaptado por BVP de Brown, 1981 – ISRM).**

GRAU	ALTERAÇÃO	DESCRIÇÃO
6(*)	Solo residual maduro	Todo o material está alterado para solo.
5	Solo residual jovem Rocha extremamente alterada ou Saprolito	Alteração mineralógica muito acentuada. Cores bastantes modificadas. Possível presença de núcleos rochosos menos alterados
4	Alterada	Descolorização generalizada, mas ainda com características da rocha.
3	Medianamente Alterada	A matriz apresenta-se descolorida com evidências de oxidação, caulinição, etc...
2	Levemente Alterada	Alteração mineralógica perceptível. Cores esmaecidas. Perda de brilho dos minerais.
1	Rocha Sã	Alteração mineralógica nula a incipiente. Minerais preservam características originais e brilho.

(*) Para solos transportados (colúvio e alúvio), apesar de não se poder falar em termos de alteração, considerar A6.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 6/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

**Tabela 4.2 – Índice de Consistência/Compacidade de Solos
(Adaptado por BVP Engenharia de Brown, 1981 – ISRM).**

SOLOS ARGILOSOS				
Classificação		Rc (MPa)	Caracterização	SPT
S6	Dura	>0,5	Indentada pelo polegar com dificuldade.	>30
S5	Muito rija	0,25 a 0,5	Facilmente indentada pelo polegar.	>19
S4	Rija	0,1 a 0,25	Facilmente indentada pelo polegar, mas penetrada só com grande esforço	11 a 19
S3	Média	0,05 a 0,1	Penetrável com dificuldade vários centímetros pelo polegar	6 a 10
S2	Mole	0,025 a 0,05	Facilmente penetrável vários centímetros pelo polegar	3 a 5
S1	Muito mole	<0,025	Facilmente penetrável vários centímetros pelo punho	<2

SOLOS ARENOSOS		
Classificação		SPT
S5	Muito compacto	>40
S4	Compacto	19 a 40
S3	Medianamente compacto	9 a 18
S2	Fofo	5 a 8
S1	Muito fofo	<4

Tabela 4.3 – Tabela de classificação do grau fraturamento das rochas.

CATEGORIA	Espaçamento médio das Fraturas (cm)	Nº de Fraturas por metro	DESCRIÇÃO
<u>1</u>	> 200	<0,5	Maciço
<u>2</u>	200-60	0,5-2	Pouco Fraturado
<u>3</u>	60-20	2-5	Medianamente Fraturado
<u>4</u>	20-6	5-17	Muito Fraturado
<u>5</u>	<6	<17	Extremamente Fraturado

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 7/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

Tabela 4.4 – Tabela de Classificação de Resistência de Campo por ISRM, adaptada por BVP, 2010.

Índice de Resistência (2)	Descrição	Rc (Mpa)	I. S. (MPa)	AVALIAÇÃO DE CAMPO					
				Martelo	Risco de Canivete (1)	Queda Canivete	Raspagem Canivete (1)	Risco Unha	Pressão Manual
R6	Extremamente resistente	>250	>10	Lascada	-	-	-	-	-
R5	Muito resistente	100 – 250	4 – 10	Quebra com dificuldade com vários golpes	-	-	-	-	-
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Quebra com vários golpes	-	-	-	-	-
R3	Medianamente resistente	25 – 50	1 – 2	Quebra com dificuldade com um golpe	Risco superficial	Ponto pequeno	Com muita dificuldade	-	-
R2	R2+ Pouco Resistente	10 – 25	-	Quebra com um golpe	Risco	Ponto grande	Com dificuldade	-	-
	R2- Branda	5 – 10		Fragmenta com um golpe			Produz pó	Risco superficial	-
R1	R1+ Muito Branda Superior	3 – 5	-	Desagrega	Risco fundo	Penetra	com facilidade produz muito pó	Risco	Quebra pontualmente
	R1- Muito Branda Inferior	1 – 3			Corta (separa)		Descasca entalha	Penetra	Quebra as bordas
R0	Extremamente Branda	0,25 – 1	-	-	-	Penetra	-	Corta	Desagrega
(1) O martelo de geólogo deve prevalecer sobre o uso do risco com o canivete em amostras R3 e R4 que sejam muito ricas em minerais lamelares									
(2) Referências típicas: R0 - R1 (saprólitos); R1+ (tijolo); R2- (solo-cimento); R2+ (concreto comum); R3 (concreto especial)									
Descrição do método de avaliação de campo									
1 – Reação ao golpe com o martelo de geólogo				4 – Reação à raspagem da lâmina do canivete na borda da amostra					
2 – Resistência ao risco com a ponta do canivete				5 – Reação ao risco com a unha					
3 – Reação à queda da ponta do canivete				6 – Reação à pressão dos dedos					
Reação ao método:				Alta		Média		Baixa	

A BVP ressalta que de longa data desenvolveu um procedimento mais preciso para a avaliação expedita da consistência das rochas, baseado no procedimento original da ISRM com maior detalhamento na classificação de rochas brandas. Nesse sentido será adotada a planilha de classificação desenvolvida pela BVP e apresentada em Martin & Stacey (2018). Nesta proposição, os intervalos de R1 e R2 são subdivididos nos limites inferiores e superiores, como mostrado na Tabela 4.4.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 8/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

5. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Para a realização dos estudos geotécnicos do projeto conceitual, serão utilizados os seguintes critérios e premissas:

- Serão simulados cenários de análise de estabilidade com o objetivo de estudar o desmonte da estrutura de forma a verificar a segurança geotécnica durante o sequenciamento construtivo. Serão apresentados cenários de estabilidade para a condição final da região após a descaracterização da estrutura.
- Não há informações sobre a linha freática nas ombreiras. Desta forma, nas análises de estabilidade das ombreiras, a linha freática no maciço da barragem será inferida com base nos dados dos instrumentos existentes, e nas ombreiras será inferida considerando duas condições, passando no contato solo residual maduro/saprolito de gnaiss e no contato saprolito de gnaiss/rocha sã de gnaiss.
- No programa de investigações que será proposto, será indicada a instalação de instrumentos de monitoramento nos furos de sondagem nas ombreiras, de forma a obter o nível freático nas ombreiras para a fase do Projeto Básico.
- Para a condição final de estabilidade das ombreiras direita e esquerda da Barragem Menezes I será considerado o fator de segurança igual a 1,5 (considerando a norma de barragens NBR 13028).
- A remoção do maciço da barragem será realizada após a retirada dos sedimentos do reservatório. A princípio, serão realizadas análises de rebaixamento rápido no talude de montante da barragem, considerando como rebaixamento os níveis de remoção do sedimento do reservatório, conforme indicado na sequência construtiva.
- Diante da falta de informações de ensaios de laboratório no solo residual de gnaiss, não é possível confirmar que este litotipo terá um comportamento não drenado. Por conta disso, na fase atual do projeto conceitual, não serão realizadas

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 9/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

análises não drenadas no solo residual. Após a realização dos ensaios e das sondagens previstas na ET-1850JJ-X-00023, será feita a análise para verificação do comportamento do solo residual.

- Recomendamos que seja realizado um estudo sísmico para avaliação do potencial de sismicidade na área da Barragem Menezes I. Para as análises pseudo-estáticas, enquanto não se possui o estudo sísmico da região, serão considerados os coeficientes sísmicos adimensionais nas direções horizontal de 0,05g e vertical de 0,03g, de acordo com o estabelecido pela Eletrobrás (2003).
- Os projetos de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água devem atender a condições estabelecidas na Norma Brasileira de Barragens 13.028, no que tange carregamento estático, análise drenada e não drenada, nível de água normal e nível de água mais desfavorável também designado de crítico e pseudo-estático (abalos sísmicos). Embora a Barragem Menezes I seja um projeto de descaracterização de barragem, serão analisados alguns cenários estabelecidos pela NBR 13.028 no que tange os seguintes critérios de análise: Condição Normal, Condição não drenada e condição Pseudo-estática (solicitação sísmica) de quando a fase de descaracterização da barragem concluída.

Na Tabela 5.1 são apresentados os cenários a serem analisados e seus respectivos fatores de segurança.

Tabela 5.1– Fatores de segurança mínimos admissíveis.

Critério de análise	FS mínimo	Condição	Referência	Talude
Fase executiva e condição final	1,50	Resistência efetiva	NBR 13028	Jusante e Montante
Condição final	1,50	Resistência efetiva	NBR 13028	Ombreiras
Pseudo-estática (solicitação sísmica) ⁽¹⁾	1,10	Resistência efetiva e drenada	NBR 13028	Ombreiras
Rebaixamento Rápido	1,10	Resistência efetiva e total	NBR 13028	Montante

(1) Acelerações sísmicas: aV.g= 0,03g e aH.g = 0,05g.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 10/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

5.1 Análise de Estabilidade

Os estudos de estabilidade dos taludes serão desenvolvidos com o auxílio do software Slide 2 (2020), que se baseia na teoria do equilíbrio limite para calcular o fator de segurança. A formulação matemática do software para esses estudos possibilita uma análise simples e/ou complexa dos problemas envolvendo estabilidade, no qual utiliza vários métodos teóricos para o cálculo do fator de segurança, além de permitir que sejam consideradas nas análises propriedades heterogêneas, diferentes estratigrafias e diferentes tipos de ruptura (planar, circular e plano-circular), e de incorporar nas análises o comportamento das pressões neutras atuantes no maciço.

As análises serão executadas considerando as fases apresentadas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** por meio do método GLE/Morgenstern-Price, o qual leva em consideração as forças entre fatias. Foram consideradas superfícies não circulares de ruptura e o critério de resistência utilizado nas análises foi o critério de ruptura de Mohr-Coulomb.

5.2 Parâmetros Geotécnicos

A Tabela 5.2 apresenta os parâmetros geotécnicos de resistência ao cisalhamento a serem adotados para todos os materiais envolvidos nas análises de estabilidade.

Tabela 5.2 – Parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade.

Material	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	c (kPa)	ϕ (°)	Referência
Aterro compactado	22	6	33	32	17	(1)
Dreno de pé	26	0	42	-	-	(2)
Colúvio Laterítico	19	15	23	-	-	(3)
Solo residual	17	15	33	-	-	(3)
Saprolito	22	0	43	-	-	(2)
Gnaíse	22	40	45	-	-	(2)
Sedimento Reservatório	20	0	20	-	-	(4)

Referências:

- (1) Ensaios de laboratório recebidos do “As Is” de 2020 da Tetra Tech, documentos .xls: EC_12805-AI – Cópia; EC_12807-AI – Cópia; e EC_12809-AI – Cópia.
- (2) Relatório técnico DOM-BM1-RDP-01 – Volume 02: Diagnostico de Performance e “As Is” das estruturas elaborado pela empresa Domus em 2012.
- (3) Inferido através do banco de dados da BVP.
- (4) Inferido conforme experiência BVP.

Sendo: γ : Peso específico; c': Coesão efetiva; ϕ' : Ângulo de atrito interno efetivo; c: Coesão total; ϕ : Ângulo de atrito interno total.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 11/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

6. ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

Os estudos hidrológico-hidráulicos têm por objetivo subsidiar o dimensionamento de um dispositivo para melhorar as condições hidráulicas, na integração com o ambiente natural após a descaracterização da Barragem.

Neste item serão apresentados os critérios e premissas gerais que subsidiarão a elaboração dos estudos hidrológicos e hidráulicos para a descaracterização da Barragem Menezes I, considerando que não há dados/informações novas nessa fase de Projeto Conceitual:

- Espera-se que a descaracterização ocorra após a conclusão do redirecionamento das drenagens PDE Menezes III direcionada para Barragem Menezes I, e não haja qualquer aporte de sedimentos, que não seja o proveniente da área de contribuição natural e da face oeste da pilha em condição de fechamento, ou seja, revegetada e sem receber aporte da PDE Menezes III;
- Caracterização e quantificação do aporte natural de sedimentos da bacia de contribuição da Barragem de Menezes I, conforme Estudo de Alternativas;
- Conforme Pinheiro (2011), foram adotadas taxas de sedimentação, relativas à geração e transporte dos sedimentos, para cada tipo de uso e ocupação do solo. Adotou-se 30 m³/ha.ano para Terreno Natural e 300 m³/ha.ano para Pilha PDE Menezes III, considerando condição de fechamento dessa última;
- Estudo de Chuvas Intensas nas áreas de abrangência da VALE, elaborado pela POTAMOS (2020);
- A metodologia empregada na desagregação das precipitações intensas com durações inferiores a 1 (um) dia será a das Isozonas, desenvolvida por Torga (1974);
- Discretização temporal dos quantis de chuva pelo método de Huff, adotando a curva do 2º quartil e 50% de probabilidade de ocorrência para a distribuição dos blocos de precipitação (CHOW et al., 1988);
- O dispositivo de drenagem superficial principal, baseado nas normativas para descaracterização de Barragem, ANM Resolução nº 13/2019 e SEMAD/FEAM Termo

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 12/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

de Referência nº 2.784/2019, foi solicitado pela Vale, que todos os dispositivos hidráulicos fossem dimensionados para o TR 10.000 anos;

- Cabe ressaltar que todos os critérios de projeto e recomendações de boa prática de Engenharia a serem utilizados nos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos do Projeto Conceitual de Descaracterização da Barragem Menezes I serão baseados, principalmente, na seguinte referência: “Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração, Mário Cicareli Pinheiro. 1ª Edição – 2011, ABRH”.

6.1. Sedimentologia

Os estudos sedimentológicos adotados serão aqueles elaborados nos Estudos de Alternativas, onde foram consideradas a descaracterização da Barragem Menezes I e a condição futura de fechamento da pilha, sendo interrompido o lançamento de material e realizada a vegetação de todo o empilhamento, de modo a reduzir a geração de sedimentos pela estrutura, conforme documento RL-2073GG-X-00040, que apresentou a alternativa do sistema de drenagem definitivo da Pilha de Estéril (PDE) Menezes III, e considerou como premissa o direcionamento da drenagem da PDE Menezes III para a Barragem Menezes II, que atuará como estrutura de contenção de sedimentos.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 13/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

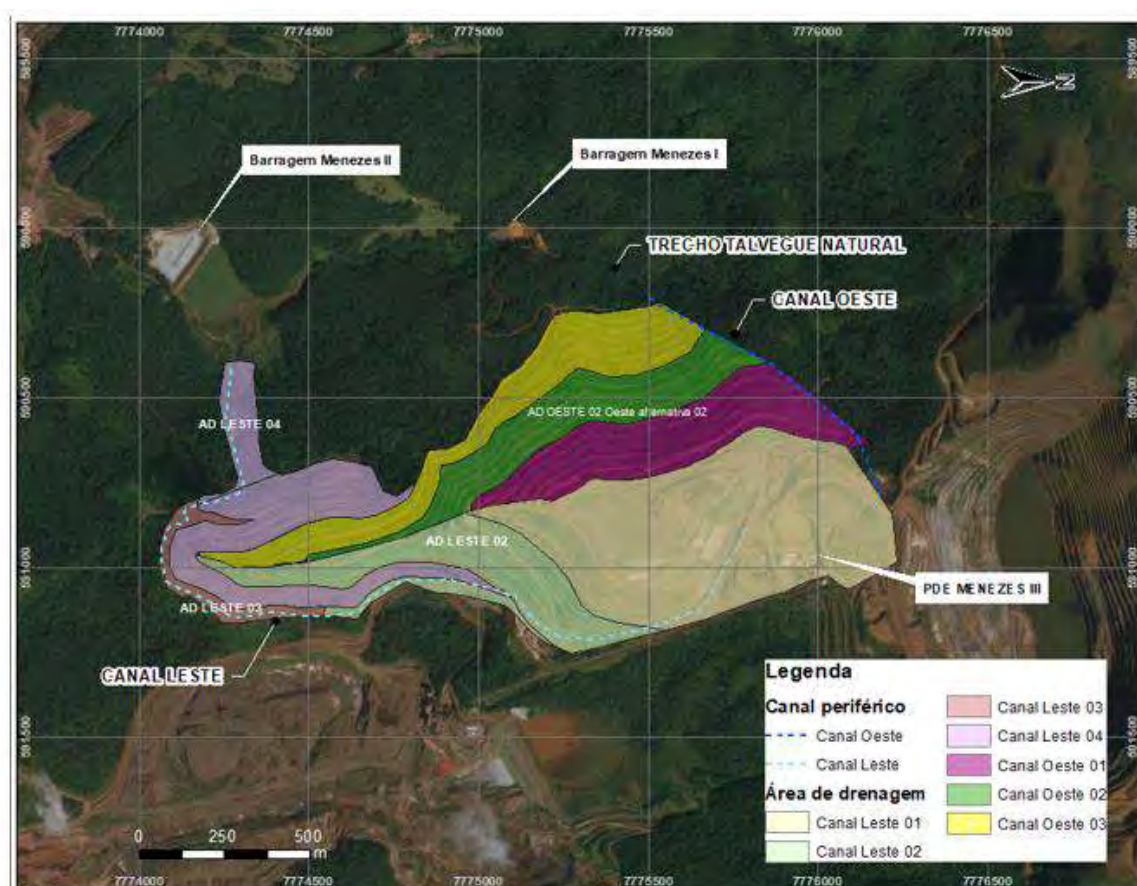


Figura 6.1 – Áreas de drenagem dos canais periféricos do Sistema Definitivo de Drenagem da PDE Menezes III, elaborado pela Walm, 2021 (Fonte: RL-2073GG-X-00040)

A produção específica de sedimentos da bacia hidrográfica ou da área que drena para a bacia de retenção, dada em $\text{ton}/\text{km}^2.\text{ano}$, $\text{m}^3/\text{km}^2.\text{ano}$ ou $\text{m}^3/\text{ha}.\text{ano}$ foi calculada considerando as taxas de sedimentação, relativas à geração e transporte dos sedimentos, para cada tipo de uso e ocupação do solo, de $30 \text{ m}^3/\text{ha}.\text{ano}$ para Terreno Natural e de $300 \text{ m}^3/\text{ha}.\text{ano}$ para Pilha PDE Menezes III, considerando condição de fechamento dessa última.

Devido a indisponibilidade de dados sedimentométricos primários na região, utilizaram-se os valores de contribuição específica de sedimentos citados por Pinheiro (2011), variando de $300 \text{ m}^3/\text{ha}.\text{ano}$ a $600 \text{ m}^3/\text{ha}.\text{ano}$ para as áreas ocupadas por atividades de mineração. Para reforçar a adoção de tais taxas no projeto de descaracterização de Menezes I, buscaram-se estudos hidrossedimentológicos similares realizados para barragens na mesma área, Barragem Menezes II e Barragem Capim Branco,

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 14/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

documentos RL-2023GG-X-00016 e RL-2024GG-G-00008, respectivamente, onde além da aplicação da metodologia referida acima, levou-se em consideração o histórico de levantamentos topobatimétricos dos reservatórios. Foram elaboradas as curvas cota-volume comparativas e pôde-se avaliar a evolução dos volumes disponíveis ao longo dos anos. A taxa de sedimentação observada entre os anos de 2014 e 2018 foi muito maior se comparada com a taxa observada entre os anos de 2018 e 2019, o que poderia ser explicado pela diminuição das atividades na pilha de estéril (PDE Menezes), ou uma melhor conservação desta, com a vegetação de seus taludes e melhor manejo do estéril refletindo em menor arraste de sedimentos, por exemplo. Os resultados encontrados mostraram que, quando considerados dados teóricos, a produção de sedimentos foi superestimada, o que resultou em uma vida útil menor do que aquela calculada com os levantamentos topobatimétricos, como pode ser visto no exemplo da Barragem Menezes II, abaixo.

Tabela 6.1 – Cálculo da vida útil do reservatório da Barragem Menezes II – Critério 1 – Dados teóricos

Tempo (anos)	Volume Acumulado de Sedimentos (m³)	Elevação (m)
1.00	40,166	785.52
2.00	80,332	787.00
3.00	120,498	788.24
3.85	154,692	789.15
4.00	160,664	789.30

Tabela 6.2 – Cálculo da vida útil do reservatório da Barragem Menezes II – Critério 2 – Comparação dos levantamentos topobatimétricos 2019/2020

Tempo (anos)	Volume Acumulado de Sedimentos (m³)	Elevação (m)
1.00	33,715	785.24
2.00	67,430	786.55
3.00	101,145	787.66
4.00	134,860	788.63
4.59	154,692	789.15
5.00	168,574	789.46

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 15/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

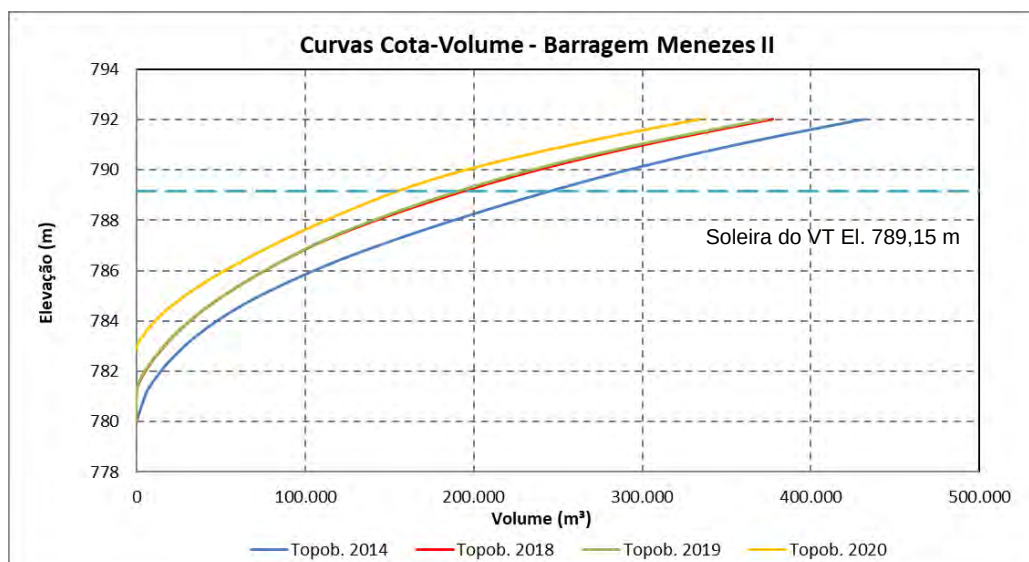


Figura 6.2 – Comparação das curvas cota-volume da Barragem Menezes II – utilizando topobatimetrias de 2014, 2018, 2019 e 2020

Avaliando ainda as taxas de sedimentação, no que tange às bacias naturais, de acordo com o estudo “Diagnóstico das condições sedimentológicas dos principais rios brasileiros”, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS) e Eletrobrás, a região de estudo está localizada na chamada Zona E6 (Zona Mineira). Esta região corresponde à bacia do Alto São Francisco e bacias vizinhas, tanto à leste da Serra do Espinhaço como nas cabeceiras dos rios Grande e Paranaíba. As características da região são o relevo acentuado e a vegetação pouco densa, resultante de intensa ação predatória do homem. A variabilidade pronunciada da erodibilidade dos solos e da Erosividade das chuvas fazem com que o comportamento hidrossedimentológico dos rios seja complexo, porém marcado por altos valores de concentração média anual (CMA) da suspensão (mg/l) e das taxas de erosão. A primeira pode variar de 100 a 1.200 mg/l, em torno de uma média da ordem de 315 mg/l, e a segunda de 90 a 1500 t/ano.km², em torno de uma média de 250 t/ano.km² em bacias da ordem de 5000 km².

Normalmente, as contribuições específicas de sedimentos decrescem com a magnitude da área de drenagem, conforme mostrado na clássica curva envoltória de produção específica de sedimentos de Khosla (obtida em Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração, 2011), que se

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 16/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

apresenta como uma envoltória superior de diversas medições feitas em bacias monitoradas.

Portanto, para as bacias menores, seguindo o que preconiza ambas as publicações, pode ser adotada a taxa de 1500 t/ano.km².

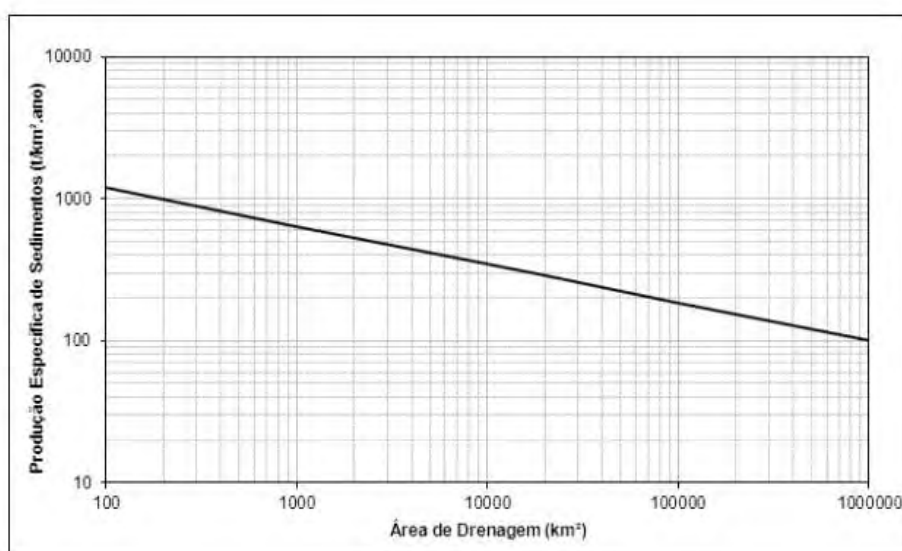


Figura 6.3 – Curva envoltória de produção específica de sedimentos

Considerando uma produção específica de 1500 t/ano.km² (15000 kg/ha.ano) e adotando-se um peso específico médio da ordem de 2000 kg/m³, conforme documento RL-2023GG-X-00005, tem-se uma contribuição específica de sedimentos de 7,5 m³/ha.ano (adotou-se no projeto uma contribuição de 30 m³/ha.ano).

Diante do exposto anteriormente, conclui-se que as taxas de sedimentação para bacia natural adotadas no estudo de alternativas para a descaracterização da Barragem Menezes I, estão conservadoras, o que é justificável por dois motivos: a ausência de medições locais que corroborem os valores propostos e as dimensões reduzidas da área de drenagem, que estão no tramo extrapolado da curva teórica apresentada. De acordo com essa curva, presume-se que a produção de sedimentos seja superior a 1000 t/ano.km² para a área estudada, embora não seja possível precisar quão maior ela será.

Com relação à taxa de produção geral, que considera uma ponderação entre a área de terreno natural e a área da pilha, a média é de 150,75 m³/ha.ano, a partir dos coeficientes

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 17/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

teóricos, e de 37,15 m³/ha.ano, a partir dos dados de levantamentos batimétricos, de 2014 a 2020, da Barragem Menezes II e ainda considerando um aumento do lançamento de rejeitos provenientes do rompimento da Barragem I, na pilha de estéril Menezes III.

6.2. Estudo de Chuvas Intensas

Para a definição dos eventos pluviais críticos e de projeto, no dimensionamento das obras hidráulicas/drenagem superficial, adotou-se o Estudo de Chuvas Intensas nas áreas de abrangência da VALE, elaborado pela POTAMOS (2020).

Tabela 6.3 – Quantis de precipitação (mm) – Mina Feijão (VALE).

Duração	Tempo de retorno T (anos)										
	2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000	10000
6 min											
10 min	17,43	22,04	25,03	27,87	28,77	31,51	32,38	34,89	38,15	40,56	48,48
15 min	22,73	28,67	32,50	36,11	37,27	40,73	42,71	45,94	50,11	53,16	63,16
20 min	26,48	33,37	37,80	41,96	43,29	47,27	50,04	53,78	58,59	62,10	73,57
30 min	31,78	40,00	45,26	50,21	51,79	56,50	60,37	64,83	70,55	74,70	88,25
1 h	40,83	51,33	58,03	64,31	66,31	72,26	78,03	83,73	91,00	96,25	113,34
2 h	52,88	66,79	75,80	84,32	87,04	95,23	103,25	111,19	121,49	129,08	154,02
3 h	59,93	75,83	86,19	96,03	99,16	108,66	118,00	127,26	139,33	148,29	177,82
4 h	64,94	82,25	93,57	104,34	107,76	118,19	128,46	138,66	151,98	161,92	194,70
6 h	71,99	91,29	103,96	116,05	119,89	131,62	143,21	154,73	169,82	181,12	218,49
8 h	76,99	97,70	111,33	124,36	128,49	141,15	153,67	166,13	182,48	194,75	235,38
10 h	80,87	102,68	117,05	130,80	135,16	148,54	161,79	174,97	192,29	205,32	248,47
12 h	84,04	106,75	121,73	136,06	140,62	154,58	168,42	182,19	200,31	213,96	259,17
18 h	91,09	115,79	132,12	147,77	152,74	168,02	183,17	198,26	218,15	233,16	282,97
24 h	96,09	122,21	139,50	156,08	161,34	177,55	193,63	209,66	230,81	246,79	299,85
2 d	122,80	157,39	180,29	202,26	209,23	230,69	252,00	273,23	301,24	322,41	392,70
3 d	150,10	191,90	219,57	246,11	254,53	280,47	306,22	331,87	365,71	391,29	476,21
5 d	193,20	246,82	282,32	316,37	327,18	360,45	393,48	426,39	469,81	502,63	611,58
7 d	228,20	291,08	332,71	372,65	385,31	424,34	463,07	501,67	552,58	591,07	718,83
10 d	272,41	346,00	394,72	441,45	456,28	501,94	547,27	592,44	652,03	697,06	846,58
15 d	332,66	423,30	483,31	540,88	559,14	615,39	671,23	726,86	800,26	855,73	1039,90
20 d	383,69	486,79	555,04	620,52	641,29	705,27	768,77	832,05	915,53	978,62	1188,10
30 d	469,51	591,35	672,02	749,40	773,95	849,56	924,62	999,40	1098,06	1172,63	1420,20

6.3. Critério da Cheia de Projeto

O dimensionamento dos dispositivos hidráulicos atenderá as diretrizes estabelecidas por normatizações vigentes, como por exemplo NBR 13029/2017, que visam o aumento da segurança e confiabilidade deste estudo.

- O dispositivo de drenagem superficial principal, baseado nas normativas para descaracterização de Barragem, ANM Resolução nº 13/2019 e SEMAD/FEAM Termo de Referência nº 2.784/2019, foi solicitado pela Vale, que todos os dispositivos hidráulicos fossem dimensionados para o TR 10.000 anos;

		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS RELATÓRIO DE CRITÉRIOS E PREMISSAS RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1850JJ-X-31241	PÁGINA 18/19
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-RT-0007	REV. A

6.4. Metodologia de Cálculo

As metodologias de cálculo a serem utilizadas no dimensionamento dos dispositivos são:

- Dimensionamento hidrológico utilizando método SCS, transformação de chuva em escoamento superficial: aplicado para bacias que apresentem muitas intervenções (pilhas e estradas de acesso) e áreas impermeáveis (estradas pavimentadas, etc);
- Para as simulações hidrológicas será empregado o software HEC-HMS, desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center, do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (U.S. Army Corps of Engineers);
- Dimensionamento do dispositivo e cálculo da vazão admissível: equação de Manning;
- Os dimensionamentos serão realizados utilizando os *softwares* SisCCoH 1.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais e outros softwares relacionados;
- Modelo Digital do Terreno no QGIS, desenvolvido por QGIS Development Team (software livre com código-fonte aberto, multiplataforma SIG - Sistema de Informação Geográfica, que permite visualização, edição e análise de dados georreferenciados);
- Modelagem unidimensional e/ou bidimensional HEC-RAS, desenvolvidos pelo U.S. Army Corps of Engineers (USACE).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o Projeto Conceitual serão utilizados os critérios e premissas expostos nos itens deste relatório. Serão utilizadas como base as informações já disponibilizadas pelo cliente na etapa de estudo de viabilidade da remoção da Barragem Menezes I.



Anexo X - Relatório Técnico RL-1850JJ-X-31201_R0

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 2/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	4
2.0	OBJETIVO	4
3.0	LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM MENEZES I	4
4.0	DIRETRIZES PARA A EXECUÇÃO DAS INVESTIGAÇÕES DE CAMPO	6
4.1	DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DE SONDAGEM A PERCUSSÃO	11
4.1.1	ENSAIO DE PENETRAÇÃO PADRONIZADO - SPT	13
4.2	DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DE SONDAGEM ROTATIVA	17
4.3	DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DE SONDAGEM A TRADO	19
4.3.1	AMOSTRAGEM	20
4.3.2	REGISTROS DOS TRABALHOS	22
4.3.3	RESULTADOS FINAIS	23
4.4	DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO	23
4.4.1	EQUIPAMENTOS	24
4.4.2	PROCEDIMENTO DO ENSAIO	24
4.4.3	PREPARAÇÃO DO ENSAIO	26
4.4.4	TRECHO NÃO REVESTIDO	26
4.4.5	FUNDO DO FURO	27
5.0	DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DE GEOFISICA	27
5.1	SÍSMICA DE REFRAÇÃO	27
5.2	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	29
6.0	INSTRUMENTAÇÃO	31
6.1	PIEZÔMETROS DE TUBO ABERTO (CASAGRANDE)	32
6.1.1	Características	32
6.1.2	Perfuração	32

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 3/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

6.1.3	Materiais de Preenchimento do Furo	33
6.1.4	Instalação	33
6.1.5	Identificação	35
6.1.6	Procedimentos de Leituras	35
6.1.7	Relatório de Instalação	36
6.1.8	Relatório de Leituras	36
7.0	ENSAIOS GEOTÉCNICOS	37
7.1	COLETA DE AMOSTRAS E PROGRAMAÇÃO DE ENSAIOS	37
7.2	AMOSTRAS INDEFORMADAS TIPO SHELBY E DENISON	41
7.3	PROGRAMAÇÃO DE ENSAIOS	41
8.0	DIRETRIZES PARA ENSAIOS DE LABORATÓRIO	42
8.1	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO	42
8.1.1	ENSAIO DE GRANULOMETRIA	42
8.1.2	LIMITES DE ATTERBERG	43
8.1.3	MASSA ESPECÍFICA REAL DOS GRÃOS	43
8.1.4	TEOR DE UMIDADE	43
8.2	ENSAIOS DE PERMEABILIDADE	43
8.2.1	ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL	43
8.2.2	ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE	44
8.3	ENSAIOS ESPECIAIS	45
8.3.1	ENSAIOS TRIAXIAIS	45

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 4/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

1.0 INTRODUÇÃO

Por meio da proposta técnica PP-BVP-114.148.18-00, a BVP Engenharia foi contratada pela VALE para a prestação de serviços especializados de Engenharia contemplando o desenvolvimento do “PROJETO CONCEITUAL PARA DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I”.

O escopo dos serviços contempla a apresentação do Projeto Conceitual da Alternativa Selecionada (Alternativa 1) dos Estudos de Alternativas para descaracterização da Barragem Menezes I (RL-1850JJ-X-31171), cuja finalidade é a contenção dos sedimentos provenientes das áreas de depósito estéreis e área de lavras.

Partindo-se de dados disponibilizados pela VALE, será desenvolvido o Projeto Conceitual conforme as normatizações vigentes que visam o aumento da segurança e confiabilidade deste estudo.

2.0 OBJETIVO

O objetivo desta Especificação Técnica é estabelecer os requisitos técnicos, quantitativos e operacionais do programadas investigações de campo e laboratório a serem executadas nas áreas da barragem Menezes I, incluindo a área de estudo de projeto para descaracterização da estrutura em estudo.

3.0 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM MENEZES I

A seguir, a Figura 3-1 e a Figura 3-2 exibem um mapa de localização da Barragem Menezes I (Brumadinho – MG). A Barragem Menezes I localiza-se no Córrego Olaria, na Mina Córrego do Feijão. A barragem tem por finalidade a contenção de sedimentos provenientes das áreas de depósitos de estéril (Pilhas Menezes I, II e III), estradas e áreas de lavra. Na mesma linha de drenagem, posicionada mais a jusante, encontra-se a Barragem Menezes II. A Barragem Menezes I está localizada nas coordenadas UTM 589.975 E / 7.775.044 N. Na Figura 3-1 é apresentada a locação da Barragem Menezes I e a área de entorno e na Figura 3-2 é apresentada a vista geral da estrutura.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 5/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3



Figura 3-1 – Localização da Barragem Menezes I.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 6/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3



Figura 3-2 – Vista geral da Barragem Menezes I.

4.0 DIRETRIZES PARA A EXECUÇÃO DAS INVESTIGAÇÕES DE CAMPO

Diante da necessidade de complementação dos estudos em andamento, a fim de conceder suporte à fase de detalhamento da região a jusante e das ombreiras da Barragem de Menezes I, propõe-se uma nova campanha de investigação geológico-geotécnica. Sendo o objetivo principal a identificação dos materiais que compõem a fundação na região a jusante (área de interesse no projeto de descaracterização) e confirmação dos materiais presentes nas ombreiras

Nesta etapa de estudos geológico-geotécnicos propõe-se uma campanha de investigação constituída de aproximadamente 240m de sondagens mistas, a percussão e 45m de sondagem a trado.

Estima-se que as 8 sondagens mistas tenham em torno de 30 metros de profundidade.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 7/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

Também foram propostos 2 furos a trado modo a melhor confirmar espessuras de camadas, contatos maciço/fundação e maciço/ombreira e existência ou não de colúvio laterítico. A sondagem a trado deverá ter acompanhamento integral do ATO para caracterização do material deformado.

A extensão sugerida é aproximada, e servirá para estimativa de custos para a contratação dos serviços podendo variar em função das atividades de campo, critério de paralisação estipulado e variações locais.

A sondagem **SM-BVP-301** foi locada nesta região pois atualmente existe um instrumento que deverá ser removido para viabilizar a execução das investigações na ombreira direita. Desta forma este furo será utilizado para substituição deste instrumento. A locação deverá ser ajustada em campo na juntamente com o ATO da BVP e a Geotecnia operacional Vale

A finalidade das sondagens **SM-BVP-303** e **SM-BVP-306** são o reconhecimento dos materiais na região da ombreira direita da barragem. As sondagens **SM-BVP-302** e **SM-BVP-304** foram locadas na região da ombreira esquerda, com finalidade de confirmação dos materiais constituintes da ombreira. A execução da sondagem **SM-BVP-305** na região a jusante é justificada para reconhecimento dos materiais na região a jusante da barragem. Já as sondagens SM-BVP-307 a SM-BVP-308 tem finalidade de investigar a ombreira na região de montante do barramento de modo a subsidiar os estudos de estabilidade desta região

Além das sondagens discriminadas acima, foi prevista a execução de uma campanha geofísica do tipo sísmica de refração, conforme descrito no item 5.1.

No que se refere a realização das sondagens a execução dos ensaios é de responsabilidade da empresa Contratada pela Vale.

Abaixo são apresentados os principais aspectos correspondentes às investigações geológico-geotécnicas:

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 8/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

1. Para as sondagens **SM-BVP-301 a SM-BVP-308**, deverá ser adotado o seguinte critério de paralização: avançar 10m após a condição de impenetrável da norma (NBR-8464) no horizonte da fundação. Esse critério não deve ser aplicado para os solos de cobertura, principalmente para o colúvio. As sondagens tem profundidade estimada de 30 metros cada.
2. Ressalta-se que para essas sondagens, após atingir o impenetrável no ensaio SPT, a mesma deverá avançar pelo método rotativo com recuperação do testemunho. Em qualquer profundidade deve-se voltar a realizar os ensaios SPT caso sejam amostrados trechos com resistências compatíveis a execução desse ensaio.
3. As sondagens a trado deverão ser executadas com trado mecânico de modo a permitir o avanço até a profundidade de 15,0m.
4. Nas sondagens SM-BVP-302 e SM-BVP-303 são previstas a execução de ensaios de infiltração a cada 2,00.
5. Devem ser coletadas amostras indeformadas com amostrador **Denison ou Shelby nas sondagens SM-BVP-302 SM-BVP-304, SM-BVP-305 e no PC-BVP-301**. O horizonte amostrado deve ser do aterro e dos materiais naturais, a quantidade de amostras poderá ser ajustada conforme a recuperação observada em campo, de modo a atender a quantidade de materiais para ensaios laboratoriais, atendendo a Tabela 7.2 do presente relatório.
6. A profundidade da amostragem será definida em campo pelo ATO após identificação do horizonte a ser amostrado.
7. Todas as normas a serem apresentadas estão de acordo com a NBR-6484, NBR-6490, Boletim nº3 da ABGE – Manual de Sondagens- 2013

A Tabela 4.1 apresenta os detalhes das investigações propostas, como georreferenciamento, profundidade, tipos de ensaios, amostragens e instrumentação a ser instalada.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 9/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

Tabela 4.1 - Quadro geral das investigações programadas.

PONTO	COORDENADAS (m)		ENSAIOS INFILTRAÇÃO	PROF. ESTIMADA(m)	AMOSTRAGEM	INSTRUMENTAÇÃO
	ESTE	NORTE				
PC-BVP-301	589.984,46	7.775.026,04	-	1,00	Aterro compactado	-
SM-BVP-301	589.965,30	7.775.035,67	-	30,0	-	Nota 5
SM-BVP-302	590.003,14	7.775.056,97	Nota 4	30,0	Solo Residual/ Saprolítico	Nota 5
SM-BVP-303	589.965,70	7.775.015,33	Nota 4	30,0	-	-
SM-BVP-304	590.015,00	7.775.039,85	-	30,0	Colúvio laterítico	-
SM-BVP-305	589.995,88	7.775.009,76	-	30,0	Solo Residual	Nota 10
SM-BVP-306 ⁽⁹⁾	589.961,47	7.775.034,12	-	30,0	-	-
SM-BVP-307	589.991,94	7.775.080,78	-	30,0	-	-
SM-BVP-308	590.007,79	7.775.130,58	-	30,0	-	-
ST-BVP-301	589.999,44	7.775.055,13	-	15,0	-	-
ST-BVP-302	590.007,90	7.775.059,70	-	15,0	-	-

Notas:

- (1) Coordenadas em Projeção UTM - Fuso 23S - Datum: Sirgas2000;
- (2) O critério paralisação para as sondagens mistas SM-BVP-301 a SM-BVP-308 será avançar 10 metros na fundação após a condição de impenetrável à percussão. Esse critério não poderá ser aplicado aos solos de cobertura;
- (3) As sondagens indicadas deverão ser executadas conforme profundidade programada. Caso na profundidade programada não se alcance o critério de paralisação indicado, o furo deverá continuar até que tal critério seja atendido;
- (4) Nestas sondagens deverão ser realizados ensaios de infiltração a cada 2,0 metros nos horizontes em solo;
- (5) Após a finalização das sondagens está programada a instalação de piezômetros de tubo aberto para auferir os níveis d'água nas ombreiras e no maciço.
- (6) A locação das sondagens poderá sofrer pequenos ajustes em campo com a finalidade de viabilizar a execução delas. O ideal é que tais ajustes sejam informados e validados pela equipe de campo;
- (7) A locação da sondagem SM-BVP-301 deverá ser validada em campo pelo ATO da BVP e a Geotecnia operacional Vale.
- (8) Após a execução de cada sondagem deverá ser medido o nível d'água do furo. Após essa leitura deverá ser realizado esgotamento do mesmo, e as leituras deverão ser coletadas 24 e 48 horas após esse esgotamento;
- (9) Sondagem SM-BVP-306 deve ser executada inclinada 45° em direção a ombreira direita. A sondagem deverá ser locada em campo juntamente com o ATO para definir ajustes necessários.
- (10) A sondagem SM-BVP-305 está localizada no pé da barragem no nível do canal de saída, e poderá ser deslocada para não danificar o geotêxtil localizado na saída da drenagem da barragem. Será avaliada a necessidade de instalação de um PZ após a locação da sondagem e/ou durante a sua execução."

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 11/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

- 1º - SM-BVP-305;
- 2º - SM-BVP-303;
- 3º - SM-BVP-306;
- 4º - SM-BVP-301;
- 5º - SM-BVP-302;
- 6º - SM-BVP-304;
- 7º - SM-BVP-307;
- 8º - SM-BVP-308.

É imprescindível as investigações aqui propostas tenham o acompanhamento técnico de um profissional de campo, para definição: (i) dos critérios de paralização; (ii) de alteração de critérios e diretrizes em caso de eventuais alterações confrontadas em campo. Isso porque, na presente campanha, muitas definições dependerão dos resultados recém-obtidos durante as perfurações. Esse profissional que acompanhará as atividades é da BVP Geotecnia & Hidrotecnia.

A seguir são apresentadas as diretrizes para execução das investigações sugeridas.

4.1 DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DE SONDAGEM A PERCUSSÃO

A sondagem deverá ser iniciada após a limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos e a abertura de um sulco ao seu redor para desviar as águas de enxurradas. Quando for necessária a construção de uma plataforma, esta deverá ser totalmente assoalhada e cobrir, no mínimo, a área delimitada pelos pontos de fixação do tripé, ou do equipamento de sondagem mecanizada.

Junto ao local de execução do furo, deverão ser cravados um piquete e uma estaca com a identificação da sondagem. O piquete servirá de ponto de referência para medidas de profundidades e para amarração topográfica.

As sondagens deverão ser iniciadas utilizando-se o trado concha até onde possível, passando-se a utilizar o trado helicoidal quando tornar-se impossível o avanço com o trado concha.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 12/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

A perfuração acima do lençol freático deverá ser feita com trado, exceto no caso de se encontrar material impenetrável à perfuração.

No caso de ser atingido o nível freático, ou quando o avanço do trado helicoidal for inferior a 5 cm em 10 min de operação contínua de perfuração, poder-se-á passar para o método de percussão com circulação de água (lavagem). Para tanto, é obrigatória a cravação de revestimento.

Quando o avanço se fizer por lavagem, deve-se erguer o sistema de circulação de água a 30cm a partir do fundo do furo. Durante sua queda livre, deve-se imprimir, manualmente, um movimento de rotação no hasteamento.

Os detritos pesados, não carregados com a circulação de água, deverão ser retirados com bomba-balde (conhecido como baldinho), munida de válvula de pé.

O controle das profundidades do furo, com precisão de 1 cm, deverá ser feito pela diferença entre o comprimento total das hastes com a peça de perfuração e a sobra delas em relação ao piquete de referência fixado junto à boca do furo.

No caso de a sondagem atingir o nível freático, a sua profundidade deverá ser anotada. Quando ocorrer artesianismo, não surgente, deverá ser registrado o nível estático; no caso de artesianismo surgente, além do nível estático, deverão ser realizadas medidas da vazão e do respectivo nível dinâmico.

Os níveis de água (estático/dinâmico) deverão ser medidos todos os dias, antes do início dos trabalhos pela manhã e após o término do expediente no fim da tarde. A critério da fiscalização, a última medida poderá ser feita seis horas depois de concluída a sondagem. No caso de precipitação durante o dia ou a noite, esta deverá ser registrada e apresentada junto ao resultado das respectivas sondagens. A Tabela 4.2 mostra um exemplo de apresentação para estes dados:

Tabela 4.2– Exemplo de apresentação de medição do N.A. (nível d'água)

FURO	HORÁRIO	COTA DO N.A.	PRECIPITAÇÃO
SM	Manhã 8:00 h	3,0 m	à noite

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 13/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3
	Tarde 16:30 h	5,0 m	não	

A sondagem a percussão será terminada nos seguintes casos:

- Quando atingir a profundidade especificada na programação, ou seja, avançar 10 metros na fundação da Barragem, desde já tenha alcançado o horizonte impenetrável à percussão;
- Quando ocorrer a condição de impenetrabilidade, dado pelo SPT / lavagem;
- Quando estiver prevista sua continuação pelo processo rotativo, como é o caso;
- Salvo orientação em contrário (como por exemplo, no caso do reaproveitamento do furo para instalação de instrumentos), imediatamente após a última leitura do nível de água, ou após o encerramento da sondagem, o furo deverá ser totalmente preenchido com argamassa de cimento/areia/água ou outro material a critério da fiscalização, deixando-se cravada no local uma estaca com identificação da sondagem.

4.1.1 ENSAIO DE PENETRAÇÃO PADRONIZADO - SPT

O ensaio de penetração padronizado, também denominado Standard Penetration Test (SPT), é executado no transcorrer da sondagem a percussão, com o propósito de se obterem índices de resistência à penetração do solo.

O ensaio de penetração deverá ser executado pelo método contínuo, ou seja, sem lavagem por tempo.

O fundo do furo deverá estar limpo. Caso se observe desmoronamentos da parede do furo, o tubo de revestimento deverá ser cravado de tal modo que sua boca inferior nunca fique a menos de 10 cm acima da cota do ensaio penetrométrico. Nos casos em que, mesmo com o revestimento cravado, ocorrer fluxo de material para o furo, o nível de água no furo deverá ser mantido acima do nível do terreno por adição de água. Nestes casos, a operação de retirada do equipamento de perfuração deverá ser feita lentamente.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 14/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

O ensaio de penetração consistirá na cravação do barrilete-amostrador, através do impacto de um martelo de 65 kg, caindo livremente de uma altura de 75 cm sobre a composição de hastes.

O martelo para cravação do amostrador deverá possuir uma haste-guia, onde deverá estar claramente assinalada a altura de 75 cm. Em torno da haste-guia, num recesso circular, deverá estar alojado um coxim de madeira-de-lei, com as fibras paralelas à haste-guia, para que o impacto com a composição não se dê diretamente entre os aços. O martelo deverá ser erguido manualmente, com auxílio de uma corda e polias fixas no tripé. É vedado o emprego de cabo de aço para erguer o martelo. A queda do martelo deverá se dar verticalmente sobre a composição, com a menor dissipação de energia possível.

O barrilete deverá ser apoiado suavemente no fundo do furo, confirmando-se que sua extremidade se encontre na cota desejada e que as conexões entre as hastes estejam firmes e retilíneas. A ponteira do amostrador não poderá estar fissurada ou amassada.

Colocado o barrilete no fundo, deverão ser assinalados com giz, na porção da haste que permanecer fora do revestimento, três trechos de 15 cm cada um, referidos a um ponto fixo do terreno. A seguir, o martelo deverá ser suavemente apoiado sobre a composição de hastes, anotando-se a eventual penetração observada. A penetração obtida desta forma corresponderá a zero golpe.

Não tendo ocorrido penetração igual ou maior do que 45 cm no procedimento anterior inicia-se a cravação do barrilete através da queda do martelo. Cada queda do martelo corresponderá a um golpe e serão aplicados tantos golpes quantos forem necessários à cravação de 45 cm do amostrador. Deverá ser anotado o número de golpes e a penetração em centímetros para a cravação de cada terço do barrilete. Caso ocorram penetrações superiores a 15 cm (cada terço do barrilete), estas deverão ser anotadas, não se fazendo aproximações.

- O valor da resistência à penetração consistirá no número de golpes necessários à cravação dos 30 cm finais do barrilete-amostrador.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 15/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

A cravação do barrilete será interrompida quando se atingir o impenetrável à percussão, preconizado pela **Norma NBR-6484/20** ou conforme orientação da fiscalização/projetista. Dessa forma será considerado como impenetrável quando, no ensaio SPT, obtiver uma das seguintes condições:

- ✓ Avanço da sondagem até a profundidade na qual tenham sido obtidos 10 m de resultados consecutivos indicando N iguais ou superiores a 25 golpes;
- ✓ Avanço da sondagem até a profundidade na qual tenham sido obtidos 8 m de resultados consecutivos indicando N iguais ou superiores a 30 golpes;
- ✓ Avanço da sondagem até a profundidade na qual tenham sido obtidos 6 m de resultados consecutivos indicando N iguais ou superiores a 35 golpes

Atingidas as condições descritas no item anterior, os ensaios de penetração deverão ser suspensos. No caso de prosseguimento da sondagem pelo método rotativo, os ensaios SPT serão reiniciados quando, em qualquer profundidade, voltar a ocorrer material suscetível de ser submetido a esse tipo de ensaio.

4.1.1.1 AMOSTRAGEM

As amostras deverão ser representativas dos materiais atravessados e livres de contaminação. As amostras a serem obtidas nas sondagens à percussão serão dos seguintes tipos:

- Amostras de barrilete amostrador SPT, com cerca de 200 g, constituídas pela parte inferior do material obtido no amostrador. Sempre que possível, a amostra do barrilete deve ser acondicionada, mantendo-se intactos os cilindros de solo obtidos.
- Amostras de trado, com cerca de 500 g, constituídas por material obtido durante a perfuração e coletadas na parte inferior das lâminas cortantes do trado.
- Amostras de lavagem, com cerca de 500 g, obtidas pela decantação de água de circulação, em recipiente com capacidade mínima de 100 litros. Neste processo de amostragem é vedada a prática de coleta do material acumulado durante o avanço da sondagem, em recipiente colocado junto à saída de água de circulação.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 16/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

- Amostras de baldinho, com cerca de 500 g, constituídas por material obtido no baldinho com válvula de pé.

Excetuando-se as amostras de barrilete, deve ser coletada, no mínimo, uma amostra para cada metro perfurado. Deverão ser coletadas tantas amostras quantos forem os diferentes tipos de materiais.

As amostras acondicionadas em copos e sacos plásticos (demais amostras) serão colocadas em caixas de madeira, ou de plástico, tipo e dimensões usados em furos rotativos de diâmetro HW. As caixas deverão ser providas de tampa com dobradiças. Na tampa e num dos lados menores da caixa, deverão ser anotados com tinta indelével os seguintes dados:

- Número do furo e data de execução;
- Nome do projeto;
- Local;
- Coordenadas e cota da sondagem
- Número da caixa e o número de caixas do furo.

Quando a sondagem à percussão for seguida por sondagem rotativa, como é o caso, deve ser utilizada caixa de amostra apropriada para o diâmetro da sondagem rotativa programada.

As amostras serão coletadas desde o início do furo e acondicionadas na caixa, com separação de tacos de madeira, pregados na divisão longitudinal.

A sequência de colocação das amostras na caixa iniciar-se-á no lado da dobradiça da esquerda para a direita. A profundidade de cada trecho amostrado deve ser anotada, com caneta esferográfica ou tinta indelével, no taco do lado direito da amostra. No lado direito da última amostra do furo deve ser colocado um taco adicional com a palavra “Fim”.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 17/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

Cada metro perfurado, com exceção do primeiro, deve estar representado na caixa de amostra por duas porções de material separadas por tacos de madeira: a primeira com amostra de penetrômetro, e a segunda, com amostra de trado, lavagem ou baldinho.

Não havendo recuperação de material no barrilete, no local da amostra deve ser colocado um taco de madeira com as palavras “não recuperou”. No caso de ser utilizado todo o material disponível para a amostragem, deve ser colocado no local da amostra um taco com as palavras “recuperou pouco”.

Na divisão longitudinal de madeira junto à amostra, do lado da dobradiça, deve constar o tipo de amostragem (trado, lavagem, penetrômetro etc.).

4.2 DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DE SONDAGEM ROTATIVA

Em terreno seco, a sondagem deverá ser iniciada após a limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos e a abertura de um sulco ao redor, que desvie as águas de enxurradas, no caso de chuva. A sonda deverá ser firmemente ancorada no terreno, de maneira a minimizar as vibrações e a consequente transmissão para a composição da sondagem.

Em terreno alagado ou coberto por lâmina de água de grande espessura, a sondagem deverá ser feita a partir de plataforma fixa ou flutuante, firmemente ancorada, totalmente assoalhada, que cubra as áreas necessárias para instalação dos equipamentos.

Junto ao local onde será executada a sondagem, deverá ser cravado um piquete com a identificação da sondagem, que servirá de ponto de referência para medidas de profundidade e para fins de amarração topográfica. Em área com lâmina de água, o ponto de referência deverá ser o topo do revestimento, firmemente ancorado no furo, cuja cota deverá ser fornecida pela equipe de topografia.

Deverão ser empregados todos os recursos das sondagens rotativas, de maneira a assegurar a perfeita recuperação de todos os materiais atravessados. Os principais recursos são: escolha de equipamentos e acessórios apropriados às condições

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 18/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

geológicas, emprego de lamas bentoníticas como fluido de perfuração, realização de manobras curtas e adequação da velocidade de perfuração às características geológicas da rocha perfurada. A alta recuperação de testemunho, especialmente de trechos de maciços rochosos extremamente alterados e/ou muito fraturados, pode ser conseguida com emprego de sonda rotativa de avanço manual, sob controle de um bom sondador. Sondas com avanço hidráulico são mais apropriadas para avaliar a resistência da rocha através da velocidade de perfuração, pois a pressão do hidráulico pode ser mantida constante durante a execução da sondagem.

Constituem elementos de interesse: o registro das características da sonda rotativa e da coluna de perfuração utilizadas, o tempo de realização das manobras, as características da coroa (quilatagem, pedras por quilate, tipo, tempo de uso etc.), bem como a avaliação da pressão aplicada sobre a composição, sua velocidade de rotação, velocidade de avanço, pressão e vazão da água de circulação.

A sequência de diâmetros a ser utilizada deverá ser estabelecida pela fiscalização e somente poderá ser alterada mediante sua autorização, por comprovada necessidade técnica.

O controle da profundidade do furo, com precisão de 1 cm, deverá ser feito pela diferença entre o comprimento total das hastes com a peça de perfuração e a sobra delas em relação ao piquete de referência fixado junto à boca do furo.

No caso de a sondagem atingir o nível freático, a sua profundidade deverá ser anotada. Quando ocorrer artesianismo não surgente, deverá ser registrado o nível estático; no caso de artesianismo surgente, além do nível estático, deverão ser medidas a vazão e o respectivo nível dinâmico.

Os níveis de água (estático/dinâmico) deverão ser medidos todos os dias, antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte à conclusão da sondagem.

Quando houver interesse na obtenção de uma medida de nível piezométrico em qualquer trecho do furo em andamento, a fiscalização poderá solicitar a instalação, em

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 19/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

cota determinada, de um obturador durante o intervalo entre dois turnos de perfuração. Neste caso, no reinício dos trabalhos, serão medidos os níveis de água interno a tubulação do obturador e externo a ela.

Salvo orientação em contrário, imediatamente após a última leitura de nível de água, quando houver, ou após o encerramento da sondagem, o furo deverá ser totalmente preenchido, deixando-se cravada no local uma estaca com a identificação da sondagem. Nos furos em sítios de barragens, o preenchimento deverá ser feito com calda de cimento ou argamassa, vertida a partir do fundo do furo com auxílio de um tubo, que será levantado à medida de seu preenchimento. Em outras situações de localização, o preenchimento será feito com solo ou solo-cimento, ao longo de toda sua extensão.

4.3 DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DE SONDAAGEM A TRADO

As sondagens a trado foram programadas de modo determinar os contatos geológicos existentes e assim refinar os estudo que estão sendo desenvolvidos.

A empresa executante deverá fornecer equipamento para execução de sondagem a trado até 15,0 m de profundidade.

O processo de perfuração da sondagem a trado deverá ter acompanhamento integral do ATO para que seja caracterizado cada horizonte atravessado. O material escavado deve ser depositado sobre lonas, de modo a não sofrer contaminação, agrupados em montes dispostos segundo suas profundidades e tipos de solo. As profundidades de início e término de cada camada amostrada, devem ser identificadas.

A medida da profundidade deve ser determinada através da medição do comprimento das hastes do trado, em relação a boca do furo.

No caso de a sondagem atingir o lençol freático, a sua profundidade deve ser anotada. Deve ser medido diariamente o nível d'água antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte, depois de concluído o furo.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 20/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

Quando constatada a presença de artesianismo, formando lençol freático suspenso, este deve ser selado com a cravação de um tubo a fim de se detectar o nível d'água e, deve ser avaliada a vazão de escoamento d'água ao nível do solo.

A sondagem deve ser dada por terminada quando:

- Atingir a profundidade especificada na programação dos serviços, ou seja 15,0 metros;
- Ocorrerem desmoronamentos sucessivos da parede do furo;
- O avanço do trado for inferior a 5 cm, em 10 minutos de operação contínua de perfuração;
- O terreno for impenetrável ao trado, devido à ocorrência de cascalho, matacões ou rocha.

Quando a paralisação de um furo ocorrer antes do programado e houver interesse de se investigar melhor o local, o furo deve ser deslocado de cerca de 3 m a 5 m, para qualquer direção e sentido. Todas as tentativas devem constar da apresentação final dos resultados e, devem ter a mesma numeração do furo, acrescida das letras A, B, C etc.

4.3.1 AMOSTRAGEM

A amostragem deverá ser contínua e total, mesmo em materiais incoerentes ou muito fraturados, permitindo ao geólogo buscar informações geológicas de interesse à caracterização do maciço rochoso. Os testemunhos não deverão se apresentar fraturados ou roletados pela ação mecânica do equipamento de sondagem.

A relação entre a extensão do trecho perfurado e o comprimento total do testemunho obtido, conhecida como recuperação, deverá ser calculada e expressa em porcentagem, não podendo ser inferior a 95% por manobra, exceto quando autorizado pela fiscalização. Para medir a recuperação, as partes do testemunho deverão ser justapostas, recompondo-se, tanto quanto possível, a situação natural anterior à perfuração.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 21/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

As operações de retirada das amostras do barrilete e de seu acondicionamento nas caixas deverão ser feitas cuidadosamente, de maneira a serem mantidas as posições relativas dos testemunhos coletados.

Caso seja necessário quebrar o testemunho para acondicioná-lo na caixa, o local da quebra deverá ser assinalado por dois riscos paralelos, com tinta indelével, traçados transversalmente à quebra.

As amostras serão acondicionadas em caixas de madeira aplainada ou de plástico. Nos casos de serem acondicionadas amostras com diversos diâmetros numa mesma caixa, deverão ser colocados calços no fundo e laterais das divisões das caixas, de maneira a garantir a imobilidade dos testemunhos durante o manuseio.

As caixas deverão ser providas de tampa, com dobradiças, no caso de serem feitas de madeira.

Na tampa e em um dos lados menores da caixa deverão ser anotados, com tinta indelével, os seguintes dados:

- Número do furo e data de execução;
- Nome do projeto e cliente;
- Local;
- Coordenadas e cotas (identificar a profundidade da amostragem);
- Número da caixa e o número de caixas do furo;
- Inclinação e rumo (azimute).

Os testemunhos deverão ser colocados nas caixas, após cada manobra, iniciando-se pela canaleta adjacente às dobradiças, com a parte superior da manobra ao seu lado esquerdo.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 22/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

As amostras das manobras subsequentes deverão ser colocadas na caixa, sempre guardando, na sequência crescente de profundidade das amostras, o andamento da esquerda para a direita, e da dobradiça para o outro lado da caixa.

As amostras de cada manobra deverão ser separadas por um taco de madeira, afixado transversalmente na canaleta. Neste taco, deverá ser escrita sua profundidade com caneta esferográfica ou tinta indelével. No último talco, colocado após a última manobra do furo, deverá constar, além da profundidade final do furo, a palavra “fim”.

No caso de ser empregado, no início do furo ou num determinado intervalo, avanço de sondagem pelo processo a percussão, as amostras assim coletadas deverão ser acondicionadas na mesma caixa de amostra da sondagem rotativa, segundo a sequência de sua obtenção.

As caixas de amostras deverão permanecer guardadas à sombra, em local ventilado, até o final da sondagem, quando serão transportadas para o local indicado pela fiscalização.

4.3.2 REGISTROS DOS TRABALHOS

Deverão ser fornecidas diariamente informações sobre o andamento da sondagem, quando solicitadas.

Os resultados preliminares de cada sondagem rotativa deverão ser apresentados no prazo estipulado pela contratada, registrados em boletins e constando as seguintes informações:

- Nome do projeto e cliente;
- Identificação e localização do furo;
- Diâmetro da sondagem e método de perfuração;
- Diâmetro da sondagem e tipos de barrilete e coroa utilizados;
- Cota, profundidade e coordenadas;

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 23/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

- Data da execução;
- Nome do sondador e da empresa;
- Tabela com leituras de nível de água com: data, hora, nível de água, profundidade do furo, profundidade do revestimento e observações sobre eventuais fugas de água, artesianismo, instalação de obturador, com sua cota etc. No caso de não ter sido atingido o nível de água, deverão constar no boletim as palavras “furo seco”;
- Posição final do revestimento;
- Recuperação dos testemunhos, em porcentagem, por manobra;
- Número de peças de testemunhos por metro, segundo trechos de mesmo padrão de fraturamento (frequência de fraturas), com respectivo IQR (índice de qualidade da rocha) ou RQD (rock quality designation), expressos em porcentagem.

4.3.3 RESULTADOS FINAIS

Os resultados de cada sondagem deverão ser apresentados, num prazo máximo de 30 dias após o seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100, onde conste a classificação geológica e geotécnica dos materiais atravessados, feita por geólogo, cujo nome, número de registro no órgão de fiscalização profissional e assinatura deverão constar dos perfis.

Deverão ser apresentados registros fotográficos de todos os testemunhos de sondagem em alta qualidade.

4.4 DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO

O ensaio de permeabilidade feito em furo de sondagem, através de medidas de absorção d'água com pressão proporcionada pela coluna d'água no revestimento do furo, é denominado ensaio de infiltração. Quando o nível da coluna d'água é mantido constante durante todo o tempo da absorção d'água o ensaio é denominado ensaio de infiltração a nível constante; quando a coluna d'água varia ao longo do tempo de medida, o ensaio é chamado de ensaio de infiltração a nível variável.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 24/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

NOTA: Nos furos onde serão executados ensaios de infiltração é vedado o uso de lama ou outros produtos para a perfuração.

4.4.1 EQUIPAMENTOS

- Bomba de água com capacidade mínima de 40 litros por minuto.
- Hidrômetro, em boas condições, com divisões de escala em litros, testado no início de cada furo e sempre que houver suspeita de mau fornecimento. O hidrômetro não deve apresentar desvio superior a 10% do valor real na faixa de vazão entre 10 e 40 l/min. É vedado o uso de curvas de calibração.
- Tambor graduado em litros com capacidade de aproximadamente 100/200 litros.
- Provetas a cada 50 centímetros cúbicos, com capacidade mínima de 1 litro.
- Funil com rosca para acoplamento no revestimento, com redução mínima de 1 polegada e diâmetro maior de, no mínimo, 20 centímetros.
- Escarificador constituído por uma haste decimétrica de madeira com numerosos pregos sem cabeça semi-cravados.

4.4.2 PROCEDIMENTO DO ENSAIO

Os ensaios de infiltração serão executados no trecho do furo a cada avanço de duas manobras (ou seja, de 3,0 em 3,0m), obedecendo ao seguinte procedimento.

A parede do furo, no horizonte do solo a ser ensaiado, deverá ser desobstruída com raspagem com o escarificador. Durante a execução dos furos, onde serão executados ensaios de infiltração, jamais será admitido o uso de lama ou outros produtos para estabilização das paredes. O revestimento deverá ser estendido até um mínimo de 0,8 m acima do nível do terreno e enchido com água até sua boca.

Será feito ensaio de infiltração a nível variável quando a carga hidráulica no trecho ensaiado for superior a 0,2 kg/cm² (2 metros) e, por avaliação visual, o rebaixamento da água no tubo de revestimento for inferior a 10 cm/min.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 25/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

O ensaio a nível variável será feito através da medida do nível d'água dentro do revestimento, a cada minuto, durante 10 minutos, após a manutenção do tubo de revestimento cheio d'água até a boca, durante 10 minutos, no mínimo.

Será feito ensaio de infiltração a nível constante quando não ocorrerem às condições do item referente a ensaio de infiltração a nível variável.

O ensaio a nível constante consiste na medida da absorção d'água estabilizada, a cada minuto, durante 10 minutos.

Entende-se que as leituras de absorção de água estão estabilizadas quando:

- Não for observada uma variação progressiva nos valores lidos;
- A diferença entre leituras isoladas e seu valor médio não superar 20% do valor médio.

Nos casos de medidas próximas ao limite de sensibilidade dos equipamentos, as diferenças admissíveis deverão ser estabelecidas pela Fiscalização, segundo um critério mais flexível.

As medidas de absorção d'água no ensaio a nível constante serão feitas com hidrômetro acoplado à canalização da bomba, quando forem superiores a aproximadamente 10 l/min; com proveta graduada, quando forem inferiores a aproximadamente 1 l/min, e com tambor graduado nos casos intermediários.

O ensaio prevê a total saturação do maciço circunvizinho ao trecho a ser ensaiado, mediante contínua adição d'água ao furo, até a obtenção de vazões constantes.

A adição de água ao furo deverá ser contínua, de maneira a manter-se a carga constante, registrando-se o volume d'água adicionado a cada cinco minutos.

Ao se obterem volumes constantes de água adicionada em 5 (cinco) períodos consecutivos de cinco minutos, o ensaio será dado por encerrado, registrando-se o volume constante assim obtido.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 26/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

No início dos ensaios, os intervalos de tempo para registro do volume d'água admitido ao furo poderão ser ampliados para 10 ou 15 minutos ou, ainda, conforme determinado pela Fiscalização.

A água a ser utilizada no ensaio deverá apresentar-se visualmente límpida, isenta de partículas sólidas em suspensão, sendo vedada a utilização de decantados.

No início do ensaio, a água deverá ser colocada lentamente no furo, escorrendo pela parede do revestimento, de modo a evitar desagregação do material no trecho a ensaiar pelo despejamento de água.

Deverá ser assegurada a perfeita estanqueidade das conexões do sistema de admissão de água e do tubo de revestimento.

Para cada ensaio deverá ser registrada a temperatura da água, de forma a permitir as devidas correções.

4.4.3 PREPARAÇÃO DO ENSAIO

Os ensaios de infiltração serão executados em trecho ou no fundo do furo ou, ainda, conforme determinação pela Fiscalização, obedecendo aos procedimentos apresentados nos itens a seguir.

4.4.4 TRECHO NÃO REVESTIDO

Completado o ensaio de penetração, crava-se o tubo de revestimento até uma cota situada 10 cm (dez centímetros) abaixo da cota final de cravação do barrilete amostrador, limpa-se o trecho revestido e escava-se abaixo da sapata do revestimento as seguintes dimensões:

- Acima do nível d'água, furos até 3 m de profundidade: 30 cm;
- Acima do nível d'água, furos com mais de 3 m de profundidade; 12% da profundidade do furo;
- Abaixo do nível d'água: 30 cm.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 27/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

4.4.5 FUNDO DO FURO

Em materiais instáveis abaixo do nível d'água, poderá ser autorizada pela Fiscalização a execução de ensaio através da área da seção transversal do fundo do furo. Neste caso, será obedecida a seguinte sequência de operações:

- Após executado o ensaio de penetração, crava-se o revestimento até cerca de 20 cm da cota final do ensaio;
- A seguir, limpa-se o furo, com trado, até a cota final do revestimento;
- A superfície assim resultante na boca inferior do revestimento será submetida ao ensaio;
- Durante estas operações, o nível d'água no interior do furo deverá ter a mesma posição do nível d'água do terreno.

alinhamentos.

5.0 DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DE GEOFÍSICA

5.1 SÍSMICA DE REFRAÇÃO

O método de refração sísmica tem por objetivo, a partir dos estudos de propagação de ondas sísmicas geradas em superfície, estimar, em subsuperfície, a composição litológica do terreno, o grau de faturamento das unidades rochosas, a geometria das primeiras unidades sob o capeamento superficial e a profundidade do topo rochoso. Além disso, tem como objetivo, indicar possíveis anomalias sísmicas que possam indicar estruturas cársticas cavidades (preenchidas ou não), condutos etc.

Pretende-se atingir com este método obter informações de uma profundidade de pelo menos 40 metros a partir da cota do terreno sem perda significativa de resolução, permitindo o reconhecimento do maciço da barragem e do sedimento existente dentro do reservatório para delimitar o contato com fundação/terreno natural para que, em ambos os casos, seja possível estimar volume de material a ser removido. Em função da limitação da propagação da onda sísmica até certas profundidades, deve ser avaliada a utilização de geração de ondas por métodos alternativos a ser avaliado junto à contratante. É descartada a utilização de explosivos.

Os dados de investigação direta (sondagens existentes) devem ser utilizados como balizadores nas seções de sísmica de refração a serem desenvolvidas.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 28/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

São programadas 6(dezesseis) linhas de Sísmica de Refração, totalizando 720,0 metros lineares. Os detalhes como coordenadas de início e fim das linhas, bem como, o detalhamento individual dos comprimentos das linhas especificadas, podem ser consultados na planta de locação 1850JJ-X-31335 e na Tabela 5.1

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 29/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

Tabela 5.1 - Detalhamento das linhas de sísmica de refração a serem levantadas (recorte desenho 1850JJ-X-31335).

LINHAS DE SÍSMICA DE REFRAÇÃO PROGRAMADAS					
PONTO	INICIAL		FINAL		COMPRIMENTO (m)
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
LINHA 1	589.960,16	7.775.134,90	590.043,49	7.775.021,99	120,00
LINHA 2	589.955,37	7.774.985,23	590.038,36	7.775.030,76	120,00
LINHA 3	589.950,58	7.774.994,01	590.033,47	7.775.039,54	120,00
LINHA 4	589.945,78	7.775.002,78	590.029,11	7.775.048,31	120,00
LINHA 5	589.940,99	7.775.011,56	590.024,31	7.775.057,09	120,00
LINHA 6	589.936,28	7.775.020,38	590.019,52	7.775.065,86	120,00
			TOTAL		720,00

Os métodos sísmicos fundamentam-se na geração de ondas acústicas e na medição do tempo requerido para que estas ondas se propaguem da fonte de emissão até um conjunto de sensores (geofones ou hidrofones) dispostos em superfície ao longo de um perfil. Os geofones utilizados geralmente apresentam frequência de 14 Hz e igualmente espaçados para cada linha sísmica executada. Já o equipamento que realiza as aquisições sísmicas é conhecido como sismógrafo.

O tipo de fonte sísmica empregada nas aquisições, quantidade e disposição ao longo da seção pode variar de acordo com os objetivos propostos, tais: como *slide sledge*, marreta de 20Kg etc. O local em que é implantado tal energia sísmica é conhecido como Ponto de Tiro. Para cada linha sísmica executada são realizados até 7 tiros, dispostos em um arranjo que melhor forneça dados coerentes.

O processamento e a interpretação deverão ser feitos em softwares específicos para dados geofísicos. Os formatos e os produtos esperados deste levantamento são definidos no item de apresentação dos resultados.

5.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados deverão ser apresentados, em formato digital, o Relatório Técnico, contendo descrição dos serviços realizados, metodologia aplicada, documentação fotográfica, equipe e equipamentos utilizados para todos os métodos previstos neste documento. Sugere-se a seguinte estruturação do relatório que deve conter no mínimo:

- Objetivo do Trabalho;
- Escopo dos trabalhos;

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 30/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

- Este item deverá indicar as etapas do trabalho (por exemplo: data de realização do levantamento de campo, visitas de campo, investigações preliminares e definitivas), as quantidades de ensaios que foram realizados e os não realizados (deverá indicar os motivos para a não realização dos mesmos).
- Localização dos alinhamentos;
- Este item deverá descrever a área em estudo, indicando sua extensão, largura ou área, município, estado, mapas e/ou imagens de satélite;
- Desenhos com a locação das linhas;
- Tabela com localização e dados de cada linha executada.
- Levantamentos de campo;
- Este item deverá indicar os levantamentos de campo utilizados como referência, tais como batimétricos, topográficos, resultados de investigações realizadas em outras etapas etc. Para cada levantamento utilizado deverão ser apresentado elementos necessários ao entendimento do mesmo no documento em elaboração.
- Metodologia de execução dos serviços;
- Este item deverá indicar para cada investigação executada:
 - Etapas de desenvolvimento e os métodos de execução;
 - Normas utilizadas;
 - Critérios de execução;
 - Equipamentos utilizados;
- Resultados dos Levantamentos Sísmico;
 - Neste item do relatório, devem ser apresentadas a ilustração das seções obtidas a partir dos alinhamentos levantados;
 - Discussões conclusivas sobre os resultados obtidos.

As seções obtidas através do levantamento sísmico deverão ser entregues no formato AutoCad (.dwg e .dxf), onde estarão representadas as lineações sísmicas, de acordo com uma escala cromática associada aos valores das velocidades de ondas sísmicas modeladas. As feições importantes deverão ser assinaladas e deverão ser integradas às informações das sondagens mecânicas que tenham sido interceptadas pelos alinhamentos.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 31/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

6.0 INSTRUMENTAÇÃO

Nesta etapa do projeto prevê-se a instalação de 2 Piezômetros (PZs). Os instrumentos foram programados com o intuito de auferir o nível d'água existente nas ombreiras da barragem de Menezes 1 e deverão ser instalados nos furos de sondagem SM-BVP-301 e SM-BVP-302.

Justifica-se a necessidade do piezômetro na sondagem SM-BVP-302 para definição da linha freática proveniente da margem esquerda, uma vez que nessa região haverá corte em talude e o nível freático deve ser conhecido para refinar as análises de estabilidade. A não instalação o PZ neste local acarretará em incertezas ao projeto.

Ressalta-se que a execução dos instrumentos será de responsabilidade da VALE. Abaixo são apresentados os principais aspectos correspondentes campanha de instrumentação geotécnica:

A atual especificação técnica prevê a instalação de **Piezômetros de tubo aberto (Casagrande)**;

Os piezômetros previstos nas sondagens SM-BVP-301, SM-BVP-302 e SM-BVP-305 localizados nas ombreiras deverão ser instalados no contato do solo residual com o solo saprolítico, aproximadamente a 9.0 , 6.0 e 6.0 metros de profundidade, respectivamente.

A Tabela 6-1 apresenta a locação de cada instrumento, bem como suas coordenadas e **material a ser instalado**.

Tabela 6-1: Tabela da instrumentação a ser realizada, com suas coordenadas, furo de sondagem correspondente e material de instalação (coordenadas UTM, Datum SIRGAS 2000, Zona 23S).

	Coordenadas		Sondagem	Material de instalação
	Norte	Este		
PZ-BVP-301	7.775.035,67	589.965,30	SM-BVP-301	Fundação
PZ-BVP-302	7.775.056,97	590.003,14	SM-BVP-302	Contato SR/SAP
PZ-BVP-305	7.775.009,76	589.995,88	SM-BVP-305	Solo Residual

Notas:

- (1) A locação das sondagens poderá sofrer pequenos ajustes em campo com a finalidade de viabilizar a execução das mesmas, refletindo no deslocamento do instrumento. O ideal é que tais ajustes sejam informados e validados pela equipe de campo;
- (2) É imprescindível que todos os serviços tenham acompanhamento técnico de um profissional de campo para definição: (i) dos critérios de execução e instrumentação, (ii) de alteração de critérios e diretrizes em caso de eventuais alterações confrontadas em campo;
- (3) A profundidade de instalação do piezômetro deverá ser especificada em campo pelo ATO da BVP de modo a garantir que os mesmos estão corretamente instalados nas camadas de interesse;
- (4) O PZ-BVP-301 deverá ser locado em campo com o ATO BVP e Geotecnia operacional Vale.
- (5) A instalação do PZ-BVP-305 será avaliado em campo após a locação em campo da sondagem SM-BVP-305.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 32/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

A seguir são apresentadas as diretrizes para execução das instrumentações sugeridas.

6.1 PIEZÔMETROS DE TUBO ABERTO (CASAGRANDE)

6.1.1 Características

Os piezômetros de tubo aberto deverão ser confeccionados com tubo de "PVC" rígido soldável, com diâmetro externo nominal de 20 mm.

O tubo deverá ter a sua extremidade inferior selada por meio de um tampão e ser perfurado numa extensão de 1,0 m, a partir de 5 cm da extremidade inferior, conforme ilustrado na Figura 6-1. A cota de instalação do PZA deverá coincidir com a base do trecho perfurado do tubo.

O diâmetro desses furos deverá ser de 3 mm, dispostos segundo 4 linhas longitudinais, espaçados de 2 cm entre si.

No intuito de evitar que a água aprisionada no fundo seja considerada nas medições, o tubo deve ser obstruído por fios de náilon, na altura da segunda linha de furos (de baixo para cima).

Todo o trecho do tubo perfurado deverá ser envolto com duas camadas de geotêxtil não tecido, tipo BIDIM OP-30 (300 g/m²) ou similar, adequadamente fixada com fios de náilon. As extremidades do geotêxtil deverão ser fixadas ao tubo por colagem utilizando cola do tipo Cascopox ou similar. O tubo deverá ser devidamente lixado e livre de qualquer tipo de resíduo nos locais de aplicação da cola.

Nas emendas dos tubos deverão ser seguidas rigorosamente as recomendações do fabricante.

Após trinta segundos da colagem de cada emenda, os tubos deverão ser tracionados a fim de verificar a aderência. Caso os tubos se soltem, deverá ser utilizado um novo no lugar do último tubo.

A extremidade superior do tubo deverá ser dotada de um tampão rosqueado, para protegê-lo da introdução de materiais estranhos.

6.1.2 Perfuração

Serão empregados equipamentos adequados para a execução da perfuração ou sondagem em solo ou em rocha, com diâmetro mínimo de 75mm.

Não deverá ser utilizada bentonita ou similar para estabilização da perfuração.

Após a conclusão da perfuração, os furos executados no maciço compactado não deverão ser lavados com água.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 33/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

Todos os controles deverão ser tomados para manter a integridade do maciço da barragem, do material de fundação e das ombreiras durante a instalação.

6.1.3 Materiais de Preenchimento do Furo

Após a definição das cotas de instalação, os instrumentos serão instalados e o furo preenchido. Para preenchimento dos trechos drenantes será empregada areia passante na peneira 4 e retida na 8, que deverá estar limpa e isenta de detritos.

Após a colocação de cada material e a espera para que o mesmo seja depositado no fundo do furo, deverá ser feita a leitura da cota de fundo, com o intuito de verificar se já foi atingida a espessura da camada especificada e detectar eventuais perdas de materiais.

Os trechos não drenantes deverão ser preenchidos com argamassa de areia, cimento, bentonita e água (relação em volume de 4:2,5:0,5:1,5) em toda a sua extensão.

6.1.4 Instalação

A instalação dos instrumentos deverá ser realizada imediatamente após a execução das respectivas perfurações. Quando tal procedimento não for possível, a boca do furo deverá ser protegida, para evitar a sua obstrução, e sinalizada, para facilitar a sua localização.

A equipe de instalação deverá estar de posse de todos os materiais, equipamentos, ferramentas e croquis de instalação, antes do início das atividades no campo. O croqui de instalação deverá conter as seguintes informações:

- Profundidades nas quais foram assentadas as tubulações;
- Profundidades das bases;
- Volumes de todos os materiais de preenchimento;
- Comprimento das tubulações;
- Perfil da instalação.

As profundidades deverão ser referenciadas sempre ao nível do terreno. As coordenadas e cota da boca do furo deverão ser levantadas após a instalação.

Após o término da perfuração, (antes de se levantar o revestimento, caso o mesmo tenha sido instalado), deverá ser feita a limpeza do furo, lançada areia no fundo, até 30cm acima do fundo, colocado o tubo de PVC e preenchido o espaço anular entre a parede do furo e o tubo, até 1,0m acima do furo. Para o caso de perfuração revestida, esta ação deve ser feita antes de se levantar o revestimento. Neste caso, este deverá ser levantado com cuidado e, se necessário, leve vibração, para que a areia de preenchimento assente no furo, ocupando todo o espaço existente.

O preenchimento com argamassa de areia e cimento deverá ser feito através de tubos de PVC rosqueáveis, posicionados no fundo do furo. O tubo deverá ser paulatinamente

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 34/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

retirado do furo na medida em que o mesmo for sendo preenchido, garantindo-se que a sua extremidade inferior permaneça 0,30 metro abaixo da superfície da argamassa, até o final desse procedimento.

Os níveis d'água no furo e no instrumento já instalado deverão ser medidos antes e após a sua instalação. Essas medidas deverão constar obrigatoriamente do relatório de instalação.

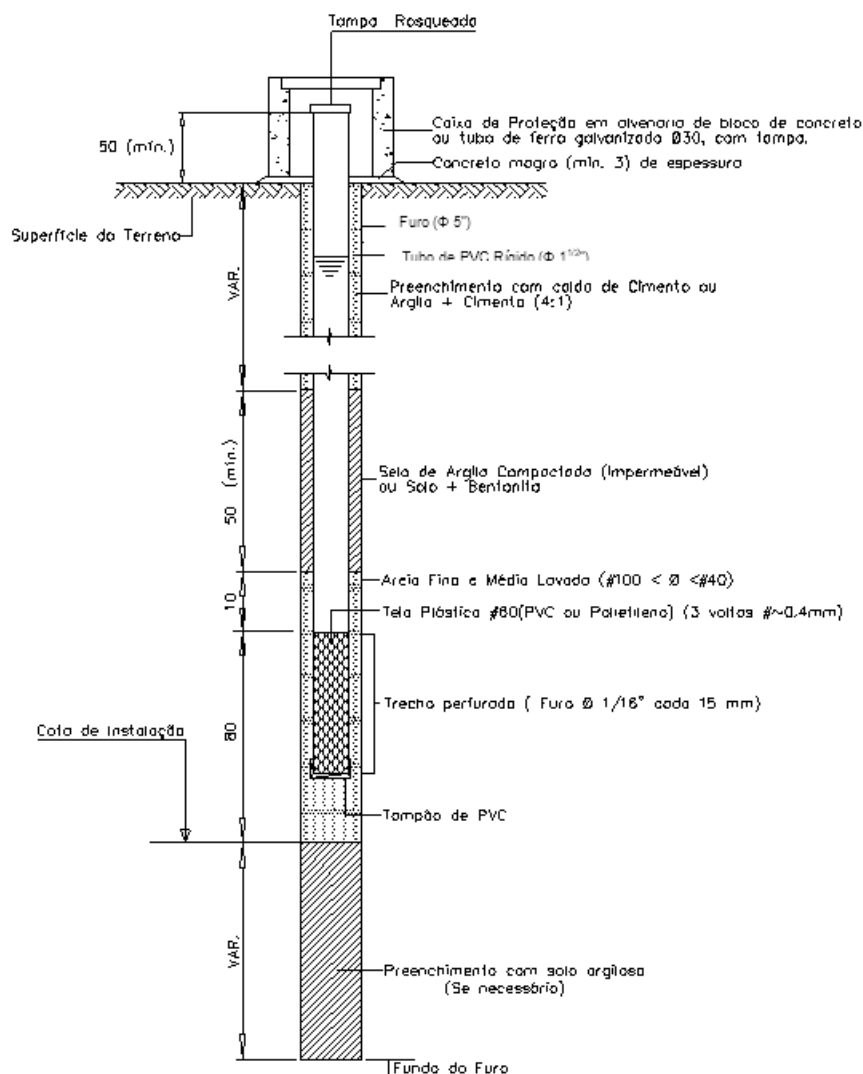
O topo dos tubos deverá ser fechado com um tampão rosqueado. Uma caixa de proteção com tampa deverá ser construída em volta do tubo.

Uma semana após a instalação de cada piezômetro ou medidor de nível d'água, deverá ser realizado ensaio para determinação da curva de recuperação dos mesmos. Este ensaio será realizado enchendo-se o tubo piezométrico com água límpida e medindo-se as variações do nível d'água dentro do mesmo, em função do tempo. Os intervalos de tempo em que deverão ser feitas estas leituras, serão fixados pela fiscalização após a observação de um ensaio preliminar executado 24 horas antes do ensaio definitivo.

Os furos de sondagem para instalação dos instrumentos cujas cotas de instalação estejam acima do fundo do furo deverão ser preenchidos com argamassa de cimento e areia até cerca de 0,30 m abaixo da extremidade inferior do tubo. A instalação dos instrumentos deverá ser feita somente após 24 horas do preenchimento do fundo do furo.

A Figura 6-1 apresenta o perfil esquemático de instalação do Piezômetro Casa Grande

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 35/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3



NOTA:

1- TODAS AS DIMENSÕES ESTÃO EM CENTÍMETROS EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

Figura 6-1 - Perfil de instalação do Piezômetro Casa Grande

6.1.5 Identificação

A identificação dos piezômetros será feita pelas letras PZ seguida de um número constituído de dois algarismos, que os numera sequencialmente, conforme indicado nos desenhos de projeto.

6.1.6 Procedimentos de Leituras

A determinação do nível d'água nos instrumentos deverá ser feita com o auxílio do indicador de nível d'água elétrico. Em caso de alteração da cota do topo do tubo de

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 36/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

leitura, a nova cota deverá constar no relatório de leitura, no espaço reservado às observações, na primeira leitura executada após a alteração. Quaisquer anomalias ou eventos observados que possam ter influência no nível d'água indicado por um instrumento deverão constar no relatório de leitura.

Logo após a instalação deverão ser feitas leituras para verificação do comportamento do instrumento. Caso sejam verificadas anomalias nas medições, deverá ser feita uma verificação da integridade do instrumento e das condições de instalação. Estes dados devem constar do relatório de instalação.

A cota da boca do tubo deverá ser verificada topograficamente, pelo menos, a cada seis meses, e por ocasião de qualquer dano ou suspeita de dano ao equipamento.

6.1.7 **Relatório de Instalação**

Uma vez completada a instalação dos piezômetros, deverá ser emitido um relatório completo sobre a instalação destes instrumentos, o qual deverá conter, pelo menos, os seguintes dados:

- Identificação do instrumento
- Locação detalhada dos vários instrumentos (coordenadas, cotas dos trechos drenantes) e data de instalação.
- Perfil de instalação com indicação dos vários materiais de preenchimento utilizados e suas cotas.
- Classificação geológico-geotécnica do perfil da instalação com indicação dos materiais atravessados e suas cotas.
- Coordenadas e cota da boca do tubo de medição.
- Leitura dos níveis d'água no furo e nos instrumentos antes e após a instalação de cada um.
- Resultado do ensaio de recuperação.
- Relato de eventuais problemas surgidos durante a sondagem, serviços de instalação e das alterações procedidas.
- Na medida do possível, fotos documentando a instalação dos instrumentos.

6.1.8 **Relatório de Leituras**

O relatório de leitura deverá conter as seguintes informações:

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 37/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

- Cópia das folhas de acompanhamento dos piezômetros, das leituras dos níveis d'água do rio e das precipitações pluviométricas diárias no período.
- Locação esquemática do instrumento em relação à estrutura.
- Um breve sumário dos eventos que possam fornecer subsídios para uma melhor interpretação dos dados, tais como: mau funcionamento do instrumento, problemas observados, testes de injeção executados nas proximidades, observação de pontos de infiltração d'água nas escavações próximas, obras realizadas nas proximidades, etc.
- Recomenda-se a automatização das leituras dos instrumentos com aquisição diária de dados.

7.0 ENSAIOS GEOTÉCNICOS

7.1 COLETA DE AMOSTRAS E PROGRAMAÇÃO DE ENSAIOS

Recomenda-se que seja realizado o acompanhamento da abertura das amostras coletadas para garantir que os materiais alvos foram corretamente amostrados, além da verificação das condições de armazenamento, transporte e recebimento dos amostradores.

Na Tabela 7.1 é apresentada a programação dos ensaios geotécnicos bem como o quantitativo de cada ensaio.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 38/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

Tabela 7.1 - Programação de ensaios

TIPO	ENSAIO	QUANTITATIVO (unid.)
Ensaio de Caracterização	Granulometria completa	8
	Limites de Atterberg	8
	Teor de umidade do material	8
	Densidade real dos grãos	8
	Ensaio de permeabilidade	2
Ensaio Especial	Ensaio triaxial, saturado e não drenado, adensado isotropicamente com medida de pressão neutra (CIU) ¹	5 ensaios (20 CPs) ²

Notas:

1. As tensões confinantes aplicadas aos 4 corpos de prova dos ensaios triaxiais deverão ser de 50, 100, 200 e 400 kPa;
2. É necessário que seja realizado 1 ensaio CIU_{sat} no aterro compactado, 1 ensaio CIU_{sat} no Colúvio laterítico, 2 ensaios CIU_{sat} no solo residual, 1 ensaios CIU_{sat} no saprólito.

A Tabela 7.2 apresenta o programa de ensaios complementares por amostra.

No projeto de estudo de alternativas para descaracterização da Barragem Menezes I, após a análise de todos os dados disponibilizados, foi verificado que para os litotipos solo residual e saprólito, os parâmetros geotécnicos não foram baseados em ensaios de laboratório, por isso, a BVP está indicando ensaios de laboratório nestes litotipos para confirmar/validar tais parâmetros. Com relação aos litotipos do aterro compactado e colúvio laterítico, a BVP recebeu os ensaios Triaxiais CIU_{sat} realizados para o “As Is” da Tetra Tech que foi cancelado. Após a compilação e análise dos ensaios, verificou-se que os ensaios geraram parâmetros duvidosos e por isso, a BVP indica que nova campanha deverá ser realizada.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 39/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

Tabela 7.2 – Relação de ensaios complementares por amostra

Local	Material	Coordenadas		Tipo	Ensaio					
					Caracterização				Resistência	Permeabilidade C. Constante ou Variável
		E	N		GR	LA	TU	DR	CIUsat	
PC-BVP-301	Aterro compactado	589.984,46	7.775.026,04	Denison	x	x	x	x	x	-
SM-BVP-302	Solo residual	590;003,14	7.775.056,97	Denison	x	x	x	x	x	-
SM-BVP-302	Solo Saprolítico	589.965,30	7.775.035,67	Denison	x	x	x	x	x	-
SM-BVP-304	Colúvio	590;003,14	7.775.056,97	Denison	x	x	x	x	x	x
SM-BVP-305	Solo residual	589.995,88	7.775.009,76	Denison	x	x	x	x	-	x

Notas:

- (1) Para coleta do material do aterro compacto, a BVP indica que seja feita a limpeza dos primeiros 30 centímetros (camada superficial), antes da cravação do amostrador Denison (1 metro de comprimento) para retirada da amostra no local PC-BVP-301 apresentado na

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 40/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

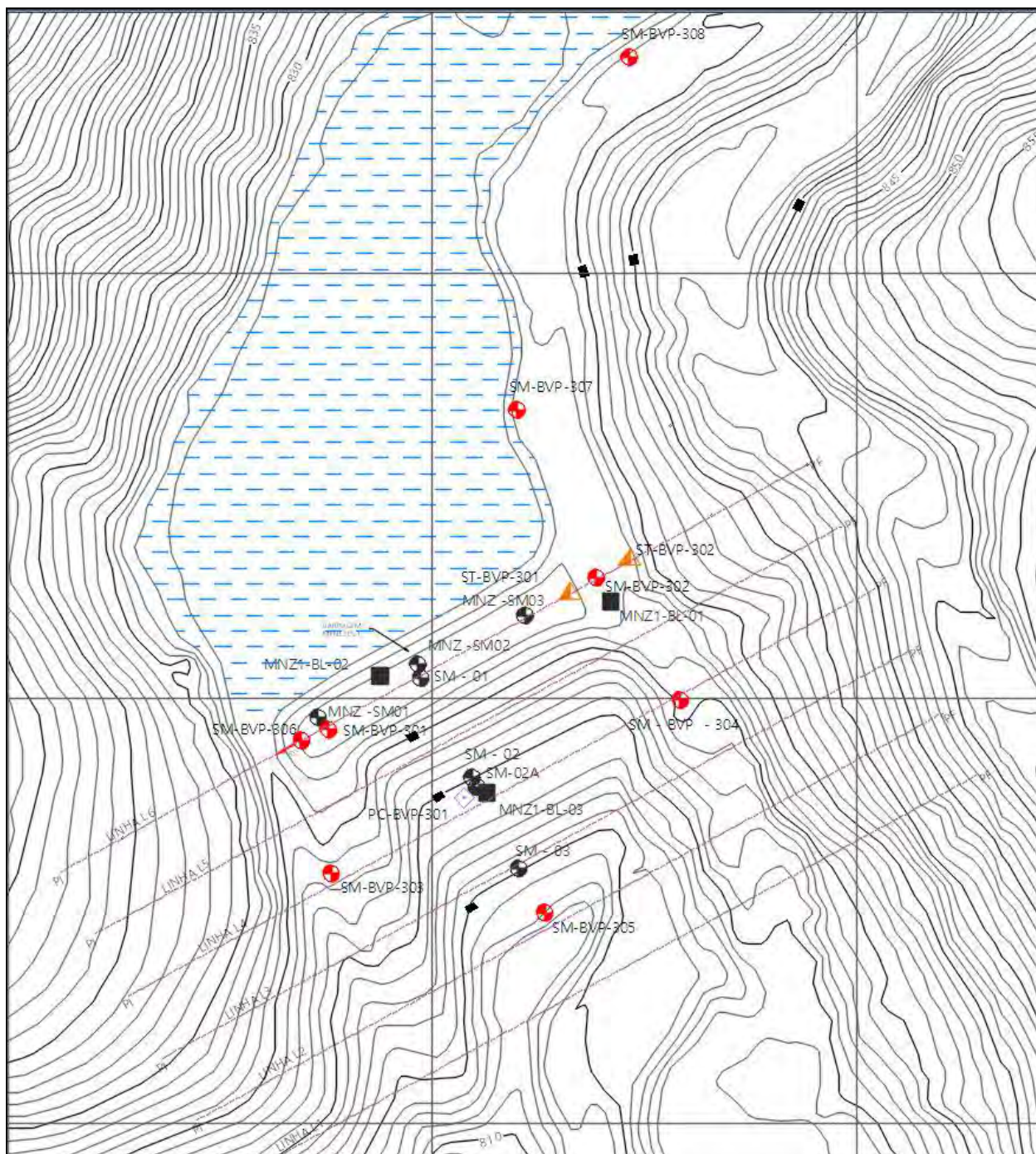


Figura 4-1.

- (2) É necessário que seja retirada amostras gêmeas (2 amostras) para realização de todos os ensaios indicados na Tabela 7.2. Além disso, com a retirada de amostra gêmeas, garante-se que caso ocorra perda de material, danos da amostra durante o transporte etc., ainda seja possível realizar os ensaios de especificados.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 41/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

- (3) As coletas a serem executados com amostradores tipo Shelby ou Denison, deverão ser acompanhadas e validadas pela fiscalização.
- (4) Conforme já exposto anteriormente, devem ser executados 1 ensaios CIU em cada litotipo com exceção do solo residual (2 ensaios). Cada ensaio Triaxial CIU_{sat} deverá ser realizado com no mínimo 4 corpos de prova.
- (5) As tensões confinantes a serem aplicados nos ensaios triaxial serão de 50, 100, 200 e 400 kPa. Nos itens 6.2.1 e 6.2.2 explica como serão realizados os ensaios.
- (6) Amostras indeformadas são aquelas extraídas com o mínimo de perturbação possível, de modo a preservar sua estrutura, a umidade, compactidade e consistência naturais, sendo elas coletadas, por exemplo, em poços, trincheira ou com auxílio dos equipamentos de sondagem com os devidos amostradores. Para esta campanha de ensaios está prevista a coleta de materiais amostrados com Shelby e/ou Denilson.

7.2 AMOSTRAS INDEFORMADAS TIPO SHELBY E DENISON

As amostras tipo Shelby ou Denison deverão ser coletadas e encaminhadas ao laboratório para realização de ensaios geotécnicos.

A amostragem Shelby é aplicada para coleta de amostras indeformadas em solos finos de baixa consistência enquanto a amostragem Denison é empregada em solos mais resistentes. Assim, deverá ser realizada a amostragem conforme pré-avaliação do solo presente no maciço e fundação.

7.3 PROGRAMAÇÃO DE ENSAIOS

Os ensaios de caracterização e ensaios especiais deverão ser realizados com o material amostrado com programação a ser definida após a coleta das amostras e litotipos efetivamente coletados. A seguir são apresentadas as diretrizes para os ensaios geotécnicos de laboratório.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 42/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

8.0 DIRETRIZES PARA ENSAIOS DE LABORATÓRIO

8.1 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Um relatório contendo todos os resultados dos ensaios geotécnicos de laboratório especificados, bem como procedimentos adotados na execução, deverá ser apresentado pelo laboratório. Os ensaios deverão ser realizados com base nas normas da ABNT descritas abaixo, **em sua última versão**:

- Preparação de amostra e teor de umidade natural – ABNT NBR 6457/16
- Granulometria completa – ABNT NBR 7181/18
- Massa específica dos grãos – ABNT NBR 6458/16
- Limites de liquidez – ABNT NBR 6459/17
- Limites de plasticidade – ABNT NBR 7180/16

Os itens mínimos esperados, para cada tipo de ensaio solicitado, são listados a seguir:

8.1.1 ENSAIO DE GRANULOMETRIA

- Planilhas de Cálculo Análise Granulométrica contendo as relações “% que passa” expressos em porcentagem vs diâmetro dos grãos;
- Curvas de Distribuição Granulométrica contendo os pares de valores, citados no item anterior, lançados em um gráfico que tem no eixo das ordenadas, em escala aritmética, os valores da porcentagem que passa; e no eixo das abscissas, em escala logarítmica, os valores dos diâmetros dos grãos.
- Indicação no gráfico de distribuição granulométrica a classificação dos diâmetros das partículas segundo a ABNT 6502.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 43/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

8.1.2 LIMITES DE ATTERBERG

- Planilha de acompanhamento dos ensaios, contendo a massa de materiais utilizados, teor de umidade e número de golpes;
- Planilha contendo os valores de Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Índice de Plasticidade do solo, expressos em porcentagem.
- Gráfico de número de golpes vs. teor de umidade.

8.1.3 MASSA ESPECÍFICA REAL DOS GRÃOS

- Planilha de acompanhamento do ensaio, em conformidade com as normas da ABNT, contendo a média de, pelo menos, duas determinações de massa específica, consideradas satisfatórias.
- Valor do teor de umidade.

8.1.4 TEOR DE UMIDADE

- Planilha de cálculo com os dados obtidos durante o ensaio.
- Valor da umidade natural, considerando a média de três medições.

8.2 ENSAIOS DE PERMEABILIDADE

Os ensaios de permeabilidade a carga variável e/ou a carga constante deverão ser realizados de acordo com a NBR 14.545/21 e NBR 13.292/21, respectivamente, a depender da granulometria e da caracterização do material a ser ensaiado. As amostras de deverão ser moldadas com amostras indeformadas.

8.2.1 ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL

Para esse ensaio, cada corpo de prova deverá ser montado no permeâmetro de carga variável, ficando entre filtros de pedrisco e geotêxtil não-tecido no topo e na base, devendo ser preenchido com bentonita amolgada o espaço livre entre o corpo de prova e a parede interna do permeâmetro.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 44/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

Depois de montados, os corpos de provas serão submetidos à saturação através de uma coluna d'água percolando da base para o topo, até o afloramento de água na válvula superior do permeâmetro.

Completada a fase de saturação, o fluxo de percolação será invertido, dando início à medida da permeabilidade.

O resultado será a média aritmética de pelo menos quatro valores que não apresentem tendência de diminuição e nem de aumento, utilizando ao menos duas casas decimais.

O relatório final deverá conter todos os resultados, incluindo os índices físicos dos corpos de prova.

8.2.2 ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE

Para esse ensaio, cada corpo de prova deverá ser montado no permeâmetro, sendo posteriormente instalado um disco perfurado na parte superior e inferior do permeâmetro. Dessa forma, com a válvula da base fechada e a do topo aberta, aplica-se gradativamente um vácuo, até atingir 67 kPa, mantendo por um período de 10 minutos.

Posteriormente, aplica-se vácuo no reservatório superior a 80 kPa. Em sequência, se dá a saturação do corpo de prova, abrindo a válvula de base e elevando-se o reservatório gradualmente. Essa elevação deve ser feita de modo que o gradiente hidráulico máximo atuante no corpo de prova seja igual a um.

Após a saturação e o preenchimento do permeâmetro com água, o vácuo aplicado no corpo de prova e no reservatório é reduzido até que ele se anule. Fecha-se a válvula de base e desconecta-se todas as ligações com a bomba de vácuo.

Em seguida, o tubo de ligação do reservatório de água constante com o topo do permeâmetro é preenchido com água e conectado a válvula dos manômetros. Dessa forma, deve-se aguardar que os níveis de água nos tubos manométricos atinjam uma

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 45/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

condição estável e se igualem, os que deve ocorrer aproximadamente na cota da água no reservatório de carga constante.

Por fim, todas as válvulas são abertas de modo que as cargas se estabilizem. Assim, registra-se a carga Δh , correspondente a diferença entre os níveis dos tubos manométricos, a temperatura T , o tempo t e o volume percolado Q neste intervalo, com resoluções de 0,1 cm, 0,1°C, 1 s e 2 cm³, respectivamente.

Aumentando a carga de 0,5cm em 0,5cm, registra-se as mesmas medidas anteriores, de modo a estabelecer adequadamente a região do fluxo laminar. Quando houver indicações de que a relação entre a velocidade e o gradiente hidráulico deixou de ser linear, o ensaio poderá ser paralisado.

Finalizado o ensaio, drena-se o corpo de prova e verifica se ele apresenta-se homogêneo e isotrópico. Qualquer alteração deverá ser notificada.

O relatório final deverá conter todos os resultados, incluindo os índices físicos dos corpos de prova.

8.3 ENSAIOS ESPECIAIS

8.3.1 ENSAIOS TRIAXIAIS

Os ensaios triaxiais deverão ser realizados nas amostras indeformadas, com corpos de prova moldados em laboratório, com dimensão de 10 cm de altura por 5 cm de diâmetro. Não deverá, em nenhum caso, haver “remoldagem” de corpos de prova por pisoteamento sem a autorização da BVP Engenharia. Os ensaios deverão seguir as seguintes normas de referência:

- Triaxial CIUsat - ASTM D4767-11(2020);

É importante que todas as planilhas e dados coletados durante a realização do ensaio sejam disponibilizados à BVP para análise do comportamento do material durante a fase de adensamento e cisalhamento das amostras.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 46/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

8.3.1.1 Procedimentos

O ensaio deverá ser realizado em células de confinamento, em amostras isoladas por membranas de látex, com saturação por percolação e contrapressão.

As tensões confinantes aplicadas aos corpos de prova dos ensaios triaxiais deverão ser de 50, 100, 200 e 400 kPa.

Os ensaios devem ser executados em condições que garantam a saturação completa e o adensamento das amostras de maneira uniforme em todos os níveis de tensão de confinamento especificados. Isso evitará a influência do ar e da água, de forma diferenciada, no desenvolvimento das poropressões dos corpos-de-prova na envoltória, o que pode gerar resultados equivocados.

A seguir é apresentado um sumário com observações referentes ao procedimento do ensaio. Estas sugestões devem ser analisadas e adotadas ou não de acordo com a característica do material e, no caso de alguma divergência com relação ao procedimento, a BVP deverá ser procurada para a discussão com o laboratório sobre a melhor forma de conduzir os ensaios, com o intuito de se obter resultados os mais aplicáveis possíveis de acordo com a necessidade do projeto.

a) Saturação da amostra

O objetivo da fase de saturação do ensaio é preencher todos os vazios do corpo de prova com água sem que haja perturbação das condições de moldagem da amostra.

A saturação é geralmente realizada pela aplicação da contrapressão. No entanto, antes de se iniciar a saturação por contrapressão deve-se promover a percolação de água durante, no mínimo, 24 horas para aumentar o grau de saturação inicial dos corpos de prova.

Para evitar a perturbação da amostra ao aplicar a contrapressão, as pressões devem ser aplicadas de forma incremental com tempo adequado entre os incrementos para permitir a compensação da pressão da água dos poros em toda a amostra.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 47/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

É importante que durante a saturação por contrapressão seja sempre mantida uma pressão efetiva positiva ao longo de todo o procedimento, mantendo-se uma pressão efetiva entre 20 kPa e 35 kPa atuante na amostra. É importante a experiência do laboratório em relação à melhor condição de saturação que pode ser obtida em cada tipo de material ensaiado.

Os incrementos de contrapressão deverão ser feitos de 50 kPa com limite de 400 kPa. A cada variação da contrapressão deverá ser, obrigatoriamente, medido o valor do parâmetro “B” de Skempton. A diferença entre a pressão da câmara e a contrapressão durante a contrapressão não deverá exceder 35 kPa, a menos que seja considerado necessário controlar a expansão do corpo de prova durante o procedimento.

Para verificar a equalização do sistema após a aplicação de um incremento de contrapressão ou depois de ter aplicado o valor total da contrapressão, as válvulas de drenagem da amostra deverão ser fechadas e a variação da poropressão deverá ser medida durante o intervalo de 1 minuto. Se a alteração na poropressão for inferior a 5% da diferença entre a pressão da câmara e a contrapressão, pode ser adicionado outro incremento da contrapressão ou pode ser tomada uma medida do parâmetro “B” para determinar se a saturação foi concluída.

A amostra deverá ser considerada saturada quando o parâmetro “B” atingir valor igual ou superior a 0,95.

Os dados e medições da contrapressão, bem como o acompanhamento do valor do parâmetro “B” deverão ser registrados durante o processo de saturação dos corpos de prova e enviados à BVP Engenharia antes do início dos ensaios de adensamento e ruptura, de forma que não acarrete dúvidas posteriores ao ensaio.

Se o parâmetro “B” continuar elevando-se com o aumento da contrapressão, a saturação por contrapressão deverá ser continuada. Se B for igual ou superior a 0,95 ou se um gráfico de B vs contrapressão indicar que nenhum aumento adicional em B ocorre com aumento da contrapressão, deve-se iniciar o adensamento.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 48/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

Para a verificação do grau de saturação dos corpos de prova, tal parâmetro deverá ser calculado e apresentado após a realização da ruptura do corpo de prova, utilizando-se da umidade e densidade finais de cada um deles. O grau de saturação final deve ser verificado, sendo que não deve haver variações consideráveis entre os valores obtidos para os corpos de prova de um mesmo material.

A garantia de graus de saturação máximos e similares para cada corpo de prova de uma mesma amostra é de extrema importância para garantia de parâmetros efetivos corretos, obtendo-se equalização da poropressão em todos eles de forma similar.

b) Adensamento

O objetivo da fase de adensamento é permitir que o corpo de prova alcance o equilíbrio em um estado drenado na tensão de consolidação efetiva. Durante o adensamento, os dados obtidos são utilizados para determinar quando a fase de adensamento está finalizada e para calcular uma taxa de tensão a ser utilizada para a fase de cisalhamento.

Com as válvulas de drenagem da amostra fechadas, a contrapressão máxima deverá ser mantida constante e a pressão da câmara aumentada até que a diferença entre a pressão da câmara e a contrapressão seja igual à pressão de consolidação efetiva desejada.

O laboratório apresentará uma tabela com os incrementos da pressão de confinamento e as respectivas variações de volume medidas após, no mínimo, 24 h ou até a estabilização da variação de volume do corpo de prova, o que pode demandar um tempo maior em argilas moles, por exemplo. Verificar se, como esperado em condições normais, ocorre um incremento no adensamento da amostra com o acréscimo da tensão confinante. Caso isso não ocorra, verificar se existem problemas com o filtro ou com o escoamento na pedra porosa. Caso algum problema seja detectado, recomenda-se reiniciar o ensaio com um novo corpo de prova.

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGACOES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 49/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

É necessário que os ensaios de resistência sejam realizados com o material adensado nas mesmas condições de drenagem em cada pressão de confinamento especificada.

c) Deformação e Cisalhamento

A taxa de cisalhamento deve ser definida conforme descrito na ASTM D4767, com base nos ensaios de adensamento, para garantia da adequada equalização da poropressão. Se o material não foi adensado adequadamente e/ou não saturado completamente o cisalhamento na realidade se dá em condição parcialmente saturada e uma taxa de cisalhamento inferior seria requerida para garantir a homogeneização da poropressão na superfície de cisalhamento e nos pontos de medida. Com os dois procedimentos anteriores garantidos (saturação e adensamento), apenas deve se empregar as taxas de cisalhamento recomendadas na norma para cada tipo de ensaio drenado ou não drenado. Os cálculos para determinação da velocidade devem ser apresentados.

Após a ruptura dos corpos de prova, esses devem ser preservados para posterior análise dos mecanismos de ruptura, além de ter sua umidade final determinada e ser fotografado. Recomenda-se a fotografia dos corpos de prova antes e após o desconfinamento da célula, com o intuito de se apresentar a ruptura obtida, dado que há o risco de perda desta característica após tal processo. Ressalta-se que os corpos de prova devem ser fotografados também antes de serem montados nas células de confinamento para o registro de sua característica antes da ruptura.

8.3.1.2 Apresentação dos resultados dos ensaios triaxiais

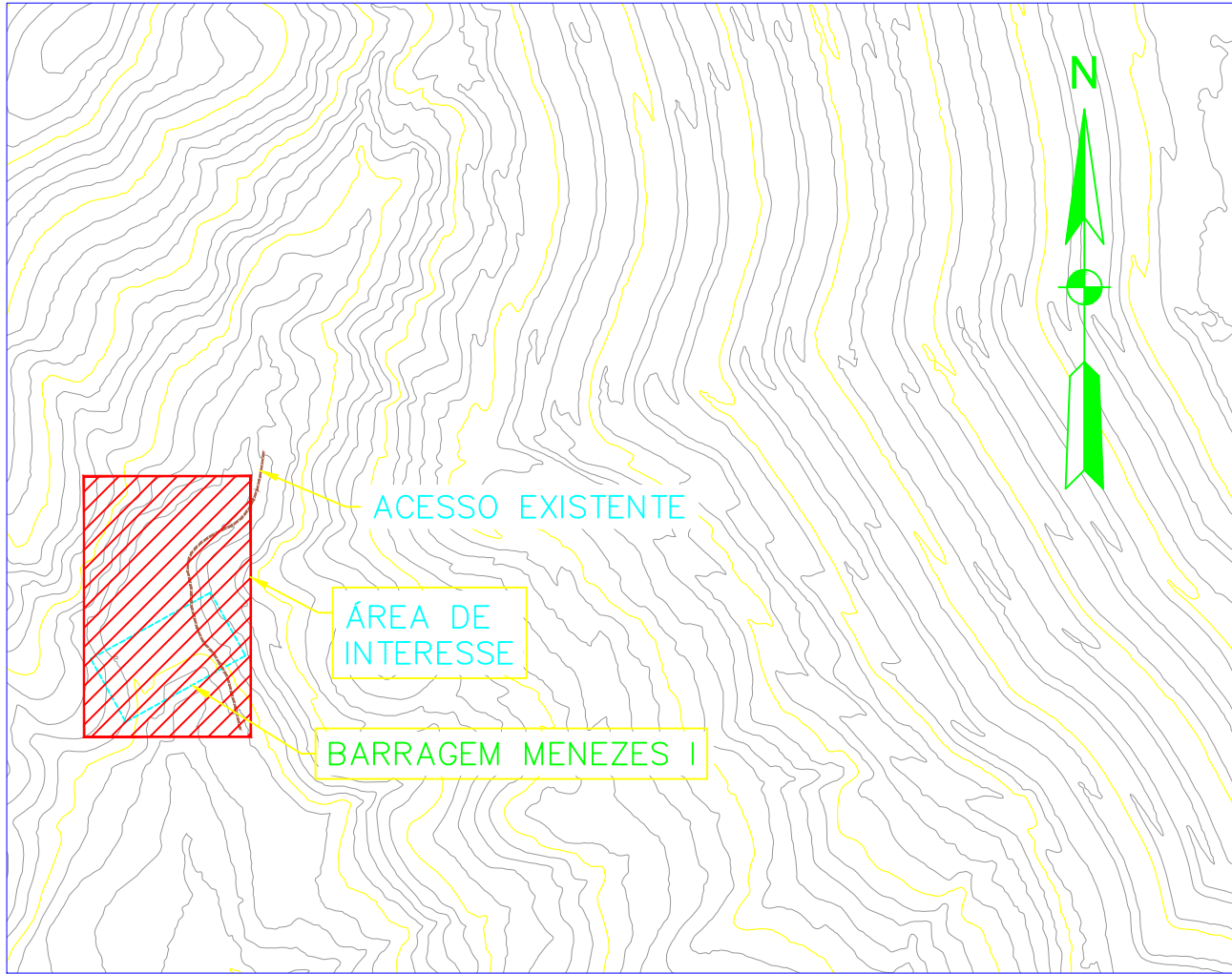
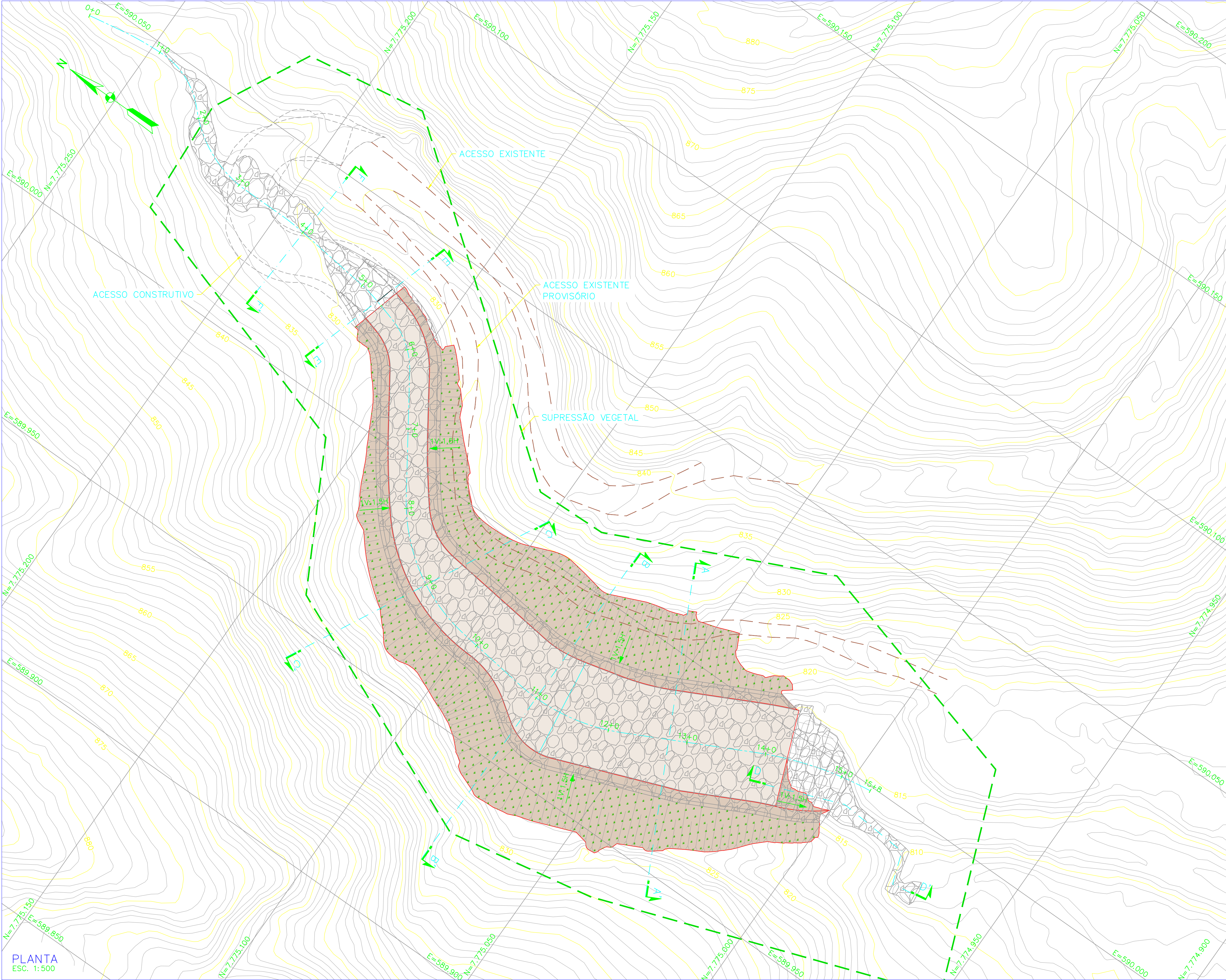
Um relatório contendo todos os resultados dos ensaios geotécnicos de laboratório especificados, bem como procedimentos adotados na execução, deverá ser apresentado pelo laboratório. Os itens mínimos esperados, para cada tipo de ensaio solicitado, são listados a seguir:

		CLASSIFICAÇÃO INTERNO	DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I S4978	
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES / BARRAGENS BARRAGEM MENEZES I PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			Nº VALE ET-1850JJ-X-00023	PÁGINA 50/50
			Nº (CONTRATADA) 18114-148B-1-GE-ET-0001	REV. 3

- Características dos corpos de prova ensaiados, tais como: dimensões, volume, peso específico, peso específico seco, teor de umidade e índice de vazios antes e após o ensaio;
- Variação volumétrica dos corpos de prova após a fase de adensamento, bem como as dimensões e os gráficos relativos à esta fase do ensaio (variação de volume X tempo);
- Descrição das condições de drenagem e carregamento;
- Apresentação do Parâmetro B obtido para cada amostra durante a fase de saturação e seus respectivos gráficos (parâmetro B vs contrapressão);
- Planilha de acompanhamento das fases de adensamento e cisalhamento, contendo todas as leituras obtidas durante a realização do ensaio, inclusive das poropressões geradas no corpo de prova;
- Os círculos de Mohr para as tensões totais e efetivas;
- Curvas de tensão desviadora vs deformação específica axial;
- Curvas de poro-pressão vs deformação específica axial;
- Trajetória de tensões totais (p vs q) e efetivas (p' vs q) com ambos os eixos na mesma escala;
- Fotos dos corpos de prova antes e após realização dos ensaios e fotos das amostras indeformadas antes da moldagem;
- Fotos dos blocos assim que abertos;
- Dados de todas as etapas dos ensaios em arquivos editáveis (planilha eletrônica).



Anexo XI - Desenho 1850JJ-X-31339



PLANTA CHAVE
SEM ESCALA

TABELA DE QUANTIDADES	
PROTEÇÃO VEGETAL (m²)	3.844,34
ENROCAMENTO (m³)	2.221,00
GABIÃO (m³)	412,94
GEOTÊXTIL (m²)	1.367,00

LEGENDA:	
	CURVAS DE NIVEL – EQUIDISTÂNCIA 1m
	CORTE
	PROJEÇÃO ACESSO CONSTRUTIVO
	ENROCAMENTO
	PROTEÇÃO VEGETAL
	SUPRESSÃO VEGETAL
	ACESSO EXISTENTE



PLANTA
ESC. 1:500

NOTAS

- 1 – DIMENSÕES E ELEVACOES EM METRO EXCETO ONDE INDICADO.

2 – A(S) ESCALA(S) INDICADA(S) NESTE DESENHO REFERE(M)-SE AO FORMATO "A1".

3 – PROJEÇÃO UTM – FUSO 23S – DATUM SIRGAS2000.

4 – BASE TOPOGRÁFICA CONVERTIDA DO SISTEMA DE COORDENADAS SAD69 PARA SIRGAS2000, CONFORME SOLICITAÇÃO VALE. CONVERSÃO EXECUTADA POR MEIO DA FERRAMENTA MAPSPACE DO MAP, DO PACOTE CIVIL3D DA AUTODESK. FORAM ADOTADOS PARA A CONVERSÃO OS DADOS DO IBGE DE SAD69 PARA SIRGAS 2000.

5 – PARA ACESSO A ÁREA DO BARRAMENTO SERÁ UTILIZADO O ACESSO EXISTENTE COM POSSÍVEIS ADEQUAÇÕES AO LONGO DO ANDAMENTO DO PROJETO.
- 6 – TERRAPLENAGEM PREVISTA COM COMPENSAÇÃO DE VOLUMES DE CORTE E ATERRO (APROVEITAMENTO DO MATERIAL DE CORTE PARA ATERRO).

7 – OS CANAIS FORAM DIMENSIONADOS EM TRECHOS, QUE PODER SER IDENTIFICADOS NO PERFIL LONGITUDINAL, ATRAVÉS DAS ESTACAS COMO MOSTRADO ABAIXO:
TRECHO 1 -> EST. 5+0 A 8+0
TRECHO 2 -> EST. 8+0 A 9+0
TRECHO 3 -> EST. 9+0 A 10+0
TRECHO 4 -> EST. 10+0 A 11+0
TRECHO 5 -> EST. 11+0 A 12+0
TRECHO 6 -> EST. 12+0 A 14+5,55
TRECHO 7 -> EST. 14+5,55 A 15+0,56
TRECHO 8 -> EST. 15+0,56

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

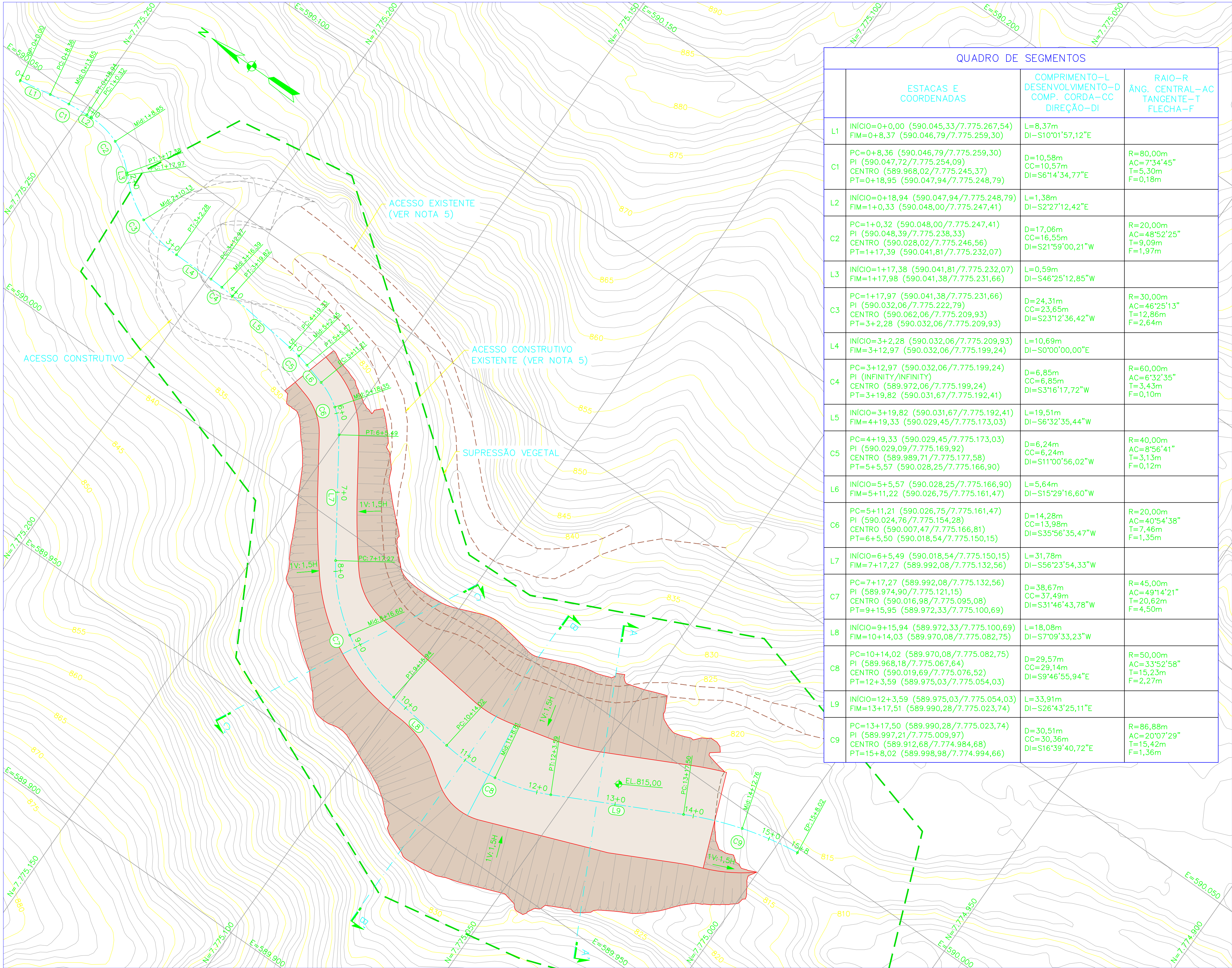
BASE TOPOGRÁFICA VER: 1850JJ-V-00003
MAPA DE INTERFERÊNCIAS – PLANTA VER: 1850JJ-X-31336
ARRANJO GERAL – PLANTA E SEÇÕES VER: 1850JJ-X-31337 E 1850JJ-X-31338
DRENAGEM SUPERFICIAL – SEÇÕES VER:1850JJ-X-31340
ACESSO CONSTRUTIVO – PLANTA VER: 1850JJ-X-31343
SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA – PLANTA VER: 1850JJ-X-31344
RELATÓRIO TÉCNICO VER: RL-1850JJ-X-31201

O	C	APROVADO PELA VALE	MVT	AXP	TSP/MCR	FAB	PRC	27/09/21	
D	B	ATENDENDO COMENTÁRIOS	MVT	AXP	TSP/MCR	FAB	PRC	20/09/21	
C	B	ATENDENDO COMENTÁRIOS	MVT	AXP	TSP/FCM	FAB	PRC	20/08/21	
B	B	ATENDENDO COMENTÁRIOS	MVT	MVT	MAN/FCM	FAB	PRC	20/07/21	
A	B	EMIÇÃO INICIAL	MVT	AXP	MAN/FCM	FAB	PRC	16/06/21	
REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA	
		REVISÕES							
T.E.	(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO					
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(H) CANCELADO					

		 Geotecnia & Hidrotecnia		CLASSIFICAÇÃO	
				INTERNA	
PROJETO					
DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I					
S4978					
Nº DA SE					
-					
PROJETO CONCEITUAL					
UTILIDADES					
BARRAGENS					
DRENAGEM SUPERFICIAL					
PLANTA					
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº VALE	REVIS		
INDICADA	18114-148B-1-HD-DE-0001	1850JJ-X-31339	0		

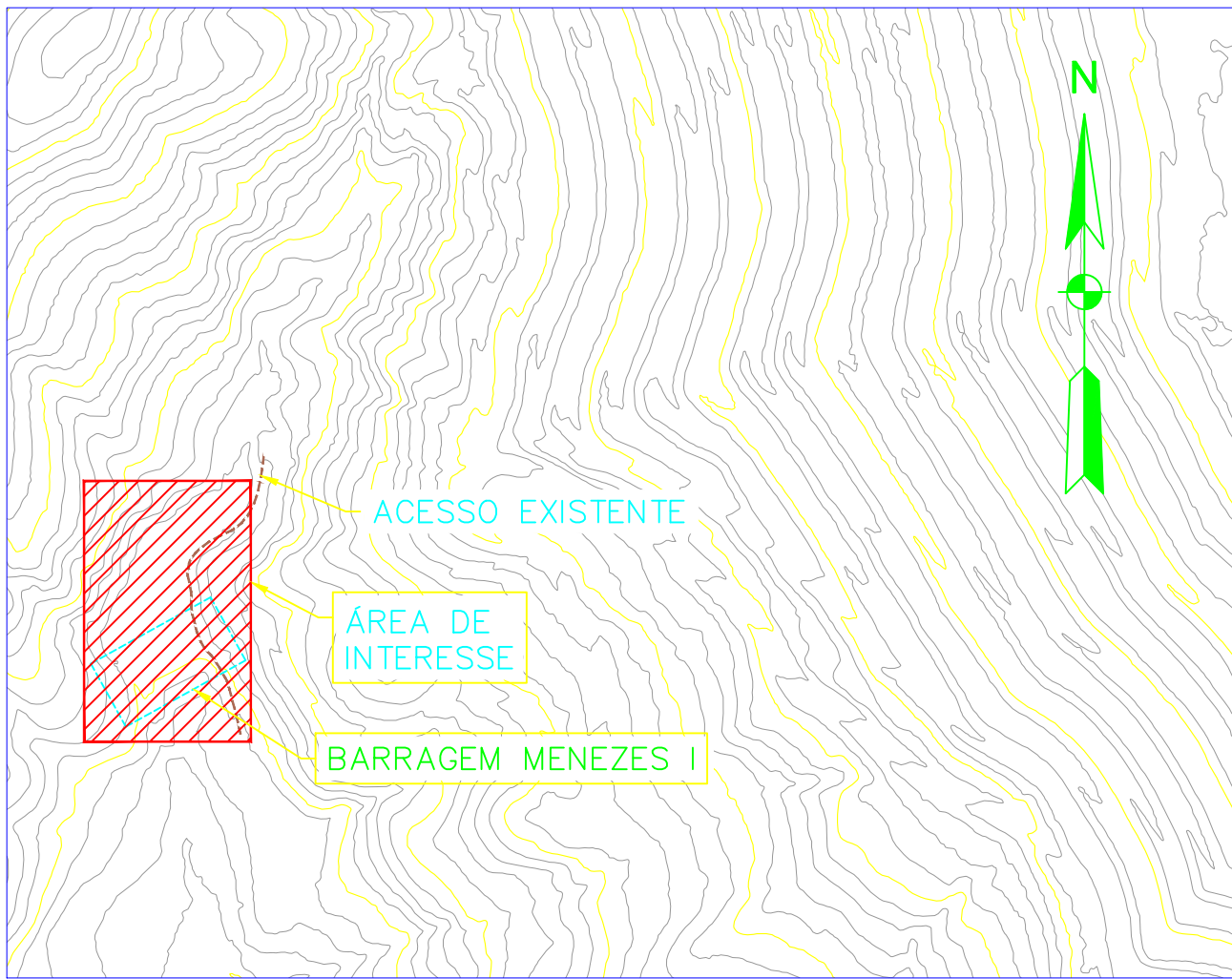


Anexo XII - Desenho 1850JJ-X-31337



PLANTA
ESC. 1: 500

QUADRO DE SEGMENTOS			
	ESTACAS E COORDENADAS	COMPRIMENTO-L DESENVOLVIMENTO-D COMP. CORDA-CC DIREÇÃO-DI	RAIO-R ÂNG. CENTRAL-AC TANGENTE-T FLECHA-F
L1	INÍCIO=0+0,00 (590.045,33/7.775.267,54) FIM=0+8,37 (590.046,79/7.775.259,30)	L=8,37m DI-S10°01'57,12"E	
C1	PC=0+8,36 (590.046,79/7.775.259,30) PI (590.047,72/7.775.254,09) CENTRO (589.968,02/7.775.245,37) PT=0+18,95 (590.047,94/7.775.248,79)	D=10,58m CC=10,57m DI=S6°14'34,77"E	R=80,00m AC=7°34'45" T=5,30m F=0,18m
L2	INÍCIO=0+18,94 (590.047,94/7.775.248,79) FIM=1+0,33 (590.048,00/7.775.247,41)	L=1,38m DI-S2°27'12,42"E	
C2	PC=1+0,32 (590.048,00/7.775.247,41) PI (590.048,39/7.775.238,33) CENTRO (590.028,02/7.775.246,56) PT=1+17,39 (590.041,81/7.775.232,07)	D=17,06m CC=16,55m DI=S21°59'00,21"W	R=20,00m AC=48°52'25" T=9,09m F=1,97m
L3	INÍCIO=1+17,38 (590.041,81/7.775.232,07) FIM=1+17,98 (590.041,38/7.775.231,66)	L=0,59m DI-S46°25'12,85"W	
C3	PC=1+17,97 (590.041,38/7.775.231,66) PI (590.032,06/7.775.222,79) CENTRO (590.062,06/7.775.209,93) PT=3+2,28 (590.032,06/7.775.209,93)	D=24,31m CC=23,65m DI=S23°12'36,42"W	R=30,00m AC=46°25'13" T=12,86m F=2,64m
L4	INÍCIO=3+2,28 (590.032,06/7.775.209,93) FIM=3+12,97 (590.032,06/7.775.199,24)	L=10,69m DI-S0°00'00,00"E	
C4	PC=3+12,97 (590.032,06/7.775.199,24) PI (INFINITY/INFINITY) CENTRO (589.972,06/7.775.199,24) PT=3+19,82 (590.031,67/7.775.192,41)	D=6,85m CC=6,85m DI=S3°16'17,72"W	R=60,00m AC=6°32'35" T=3,43m F=0,10m
L5	INÍCIO=3+19,82 (590.031,67/7.775.192,41) FIM=4+19,33 (590.029,45/7.775.173,03)	L=19,51m DI-S6°32'35,44"W	
C5	PC=4+19,33 (590.029,45/7.775.173,03) PI (590.029,09/7.775.169,92) CENTRO (589.989,71/7.775.177,58) PT=5+5,57 (590.028,25/7.775.166,90)	D=6,24m CC=6,24m DI=S11°00'56,02"W	R=40,00m AC=8°56'41" T=3,13m F=0,12m
L6	INÍCIO=5+5,57 (590.028,25/7.775.166,90) FIM=5+11,22 (590.026,75/7.775.161,47)	L=5,64m DI-S15°29'16,60"W	
C6	PC=5+11,21 (590.026,75/7.775.161,47) PI (590.024,76/7.775.154,28) CENTRO (590.007,47/7.775.166,81) PT=6+5,50 (590.018,54/7.775.150,15)	D=14,28m CC=13,98m DI=S35°56'35,47"W	R=20,00m AC=40°54'38" T=7,46m F=1,35m
L7	INÍCIO=6+5,49 (590.018,54/7.775.150,15) FIM=7+17,27 (589.992,08/7.775.132,56)	L=31,78m DI-S56°23'54,33"W	
C7	PC=7+17,27 (589.992,08/7.775.132,56) PI (589.974,90/7.775.121,15) CENTRO (590.016,98/7.775.095,08) PT=9+15,95 (589.972,33/7.775.100,69)	D=38,67m CC=37,49m DI=S31°46'43,78"W	R=45,00m AC=49°14'21" T=20,62m F=4,50m
L8	INÍCIO=9+15,94 (589.972,33/7.775.100,69) FIM=10+14,03 (589.970,08/7.775.082,75)	L=18,08m DI-S7°09'33,23"W	
C8	PC=10+14,02 (589.970,08/7.775.082,75) PI (589.968,18/7.775.067,64) CENTRO (590.019,69/7.775.076,52) PT=12+3,59 (589.975,03/7.775.054,03)	D=29,57m CC=29,14m DI=S9°46'55,94"E	R=50,00m AC=33°52'58" T=15,23m F=2,27m
L9	INÍCIO=12+3,59 (589.975,03/7.775.054,03) FIM=13+17,51 (589.990,28/7.775.023,74)	L=33,91m DI-S26°43'25,11"E	
C9	PC=13+17,50 (589.990,28/7.775.023,74) PI (589.997,21/7.775.009,97) CENTRO (589.912,68/7.774.984,68) PT=15+8,02 (589.998,98/7.774.994,66)	D=30,51m CC=30,36m DI=S16°39'40,72"E	R=86,88m AC=20°07'29" T=15,42m F=1,36m



PLANTA CHAVE
SEM ESCALA

TABELA DE QUANTIDADES	
VOLUME DA ESCAVAÇÃO (m³)	38.505,76

LEGENDA:	
	CURVAS DE NIVEL - EQUIDISTÂNCIA 1m
	ESCAVAÇÃO
	SUPRESSÃO VEGETAL
	CURVA DE PROJETO
	ACESSO EXISTENTE



NOTAS	
1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO EXCETO ONDE INDICADO.	
2 - A(S) ESCALA(S) INDICADA(S) NESTE DESENHO REFERE(M)-SE AO FORMATO "A1".	
3 - PROJEÇÃO UTM - FUSO 23S - DATUM SIRGAS2000.	
4 - BASE TOPOGRÁFICA CONVERTIDA DO SISTEMA DE COORDENADAS SAD69 PARA SIRGAS2000, CONFORME SOLICITAÇÃO VALE. CONVERSÃO EXECUTADA POR MEIO DA FERRAMENTA MAPSPACE DO MAP, DO PACOTE CIVIL3D DA AUTODESK. FORAM ADOTADOS PARA A CONVERSÃO OS DADOS DO IBGE DE SAD69 PARA SIRGAS 2000.	
5 - PARA ACESSO A ÁREA DO BARRAMENTO SERÁ UTILIZADO O ACESSO EXISTENTE COM POSSÍVEIS ADEQUAÇÕES AO LONGO DO ANDAMENTO DO PROJETO.	

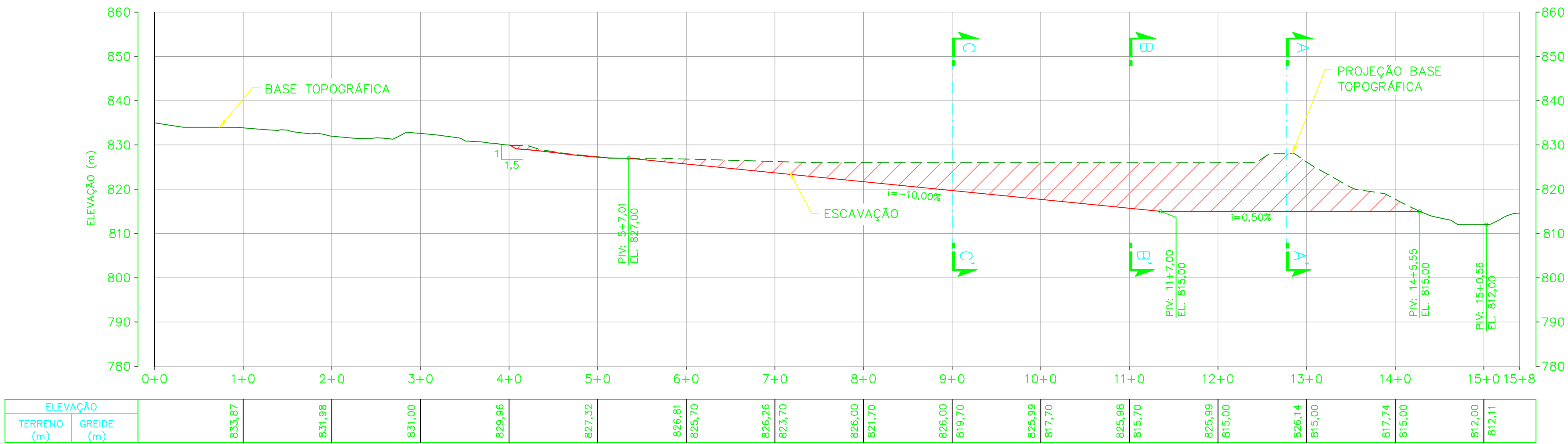
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	
BASE TOPOGRÁFICA VER: 1850JJ-V-00003	
MAPA DE INTERFERÊNCIAS - PLANTA VER: 1850JJ-X-31336	
ARRANJO GERAL - SEÇÕES VER: 1850JJ-X-31338	
DRENAGEM SUPERFICIAL - PLANTA E SEÇÕES VER: 1850JJ-X-31339 E 1850JJ-X-31340	
ACESSO CONSTRUTIVO - PLANTA VER: 1850JJ-X-31343	
SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA - PLANTA VER: 1850JJ-X-31344	
PARA TRATAMENTO DO CANAL EM ENROCAMENTO E PROTEÇÃO VEGETAL VER: 1850JJ-X-31339	
RELATÓRIO TÉCNICO VER: RL-1850JJ-X-31201	

REVISÕES	
REV.	T.E.
0	C
1	B
2	A
3	B
4	A
5	B
6	A
7	B
8	A
9	B
10	A
11	B
12	A
13	B
14	A
15	B
16	A
17	B
18	A
19	B
20	A
21	B
22	A
23	B
24	A
25	B
26	A
27	B
28	A
29	B
30	A
31	B
32	A
33	B
34	A
35	B
36	A
37	B
38	A
39	B
40	A
41	B
42	A
43	B
44	A
45	B
46	A
47	B
48	A
49	B
50	A
51	B
52	A
53	B
54	A
55	B
56	A
57	B
58	A
59	B
60	A
61	B
62	A
63	B
64	A
65	B
66	A
67	B
68	A
69	B
70	A
71	B
72	A
73	B
74	A
75	B
76	A
77	B
78	A
79	B
80	A
81	B
82	A
83	B
84	A
85	B
86	A
87	B
88	A
89	B
90	A
91	B
92	A
93	B
94	A
95	B
96	A
97	B
98	A
99	B
100	A

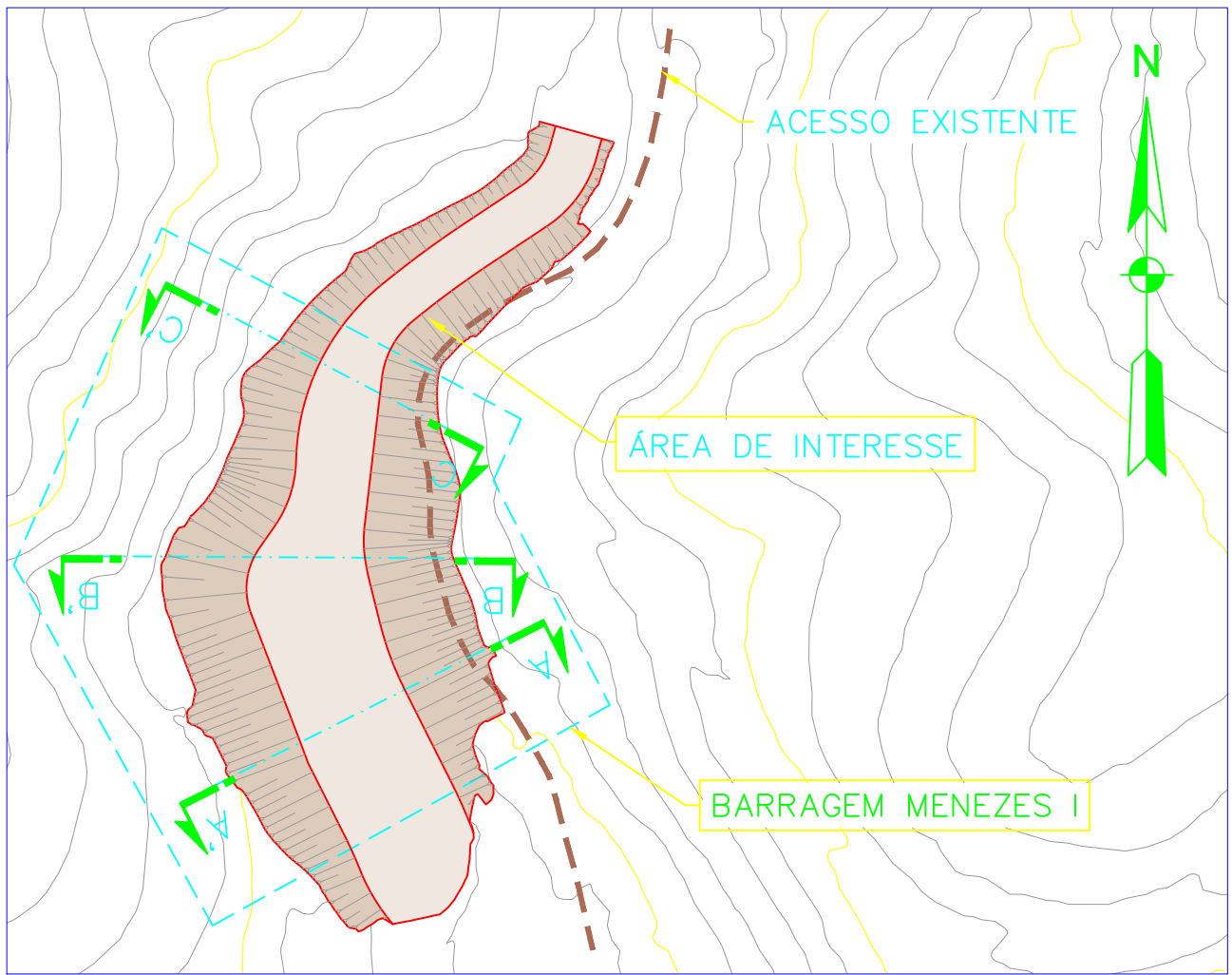
PROJETO		CLASSIFICAÇÃO	
DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I		INTERNA	
PROJETO CONCEITUAL		Nº DO PROJETO	
UTILIDADES		S4978	
BARRAGENS		Nº DA SE	
ARRANJO GERAL		-	
PLANTA		Nº DE REVISÃO	
INDICADA		0	
18114-148B-1-GE-DE-0002		1850JJ-X-31337	
Nº CONTRATADA		Nº VALE	
Nº DE REVISÃO		0	



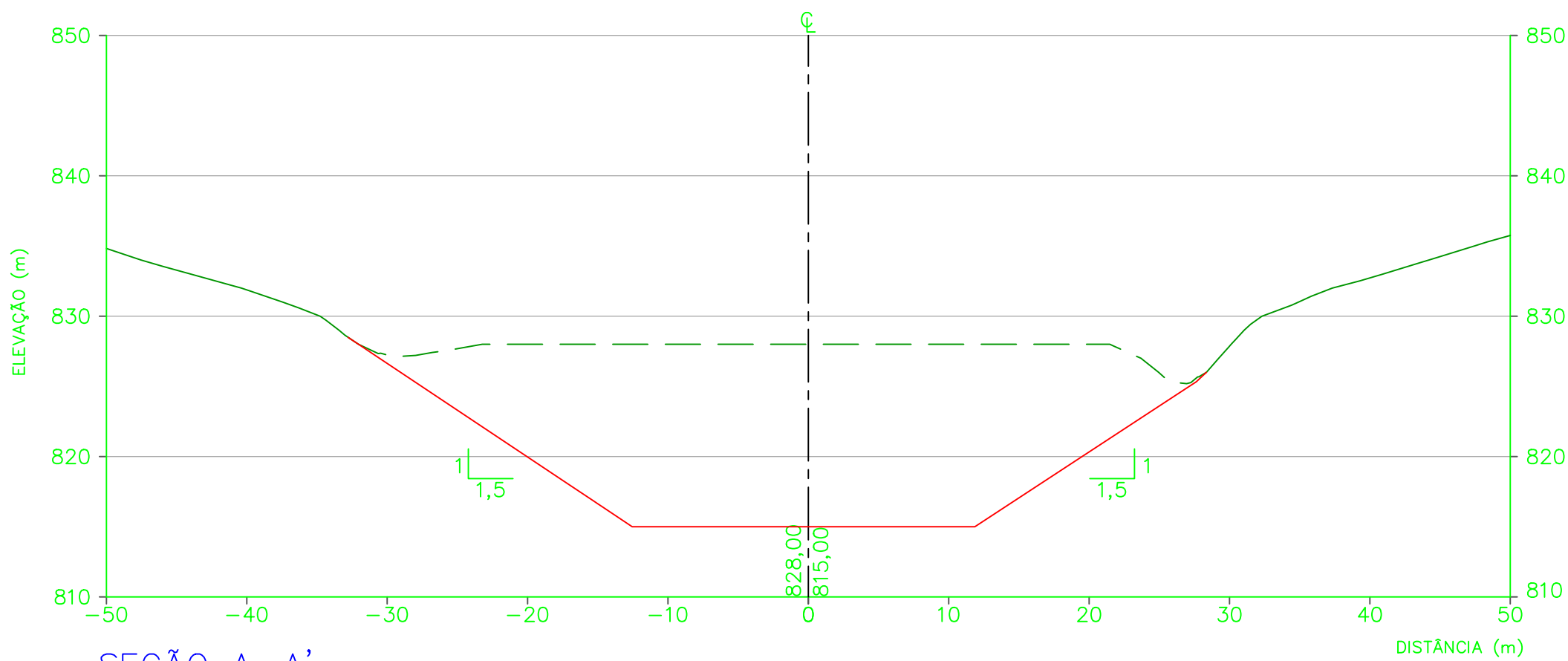
Anexo XIII - Desenho 1850JJ-X-31338



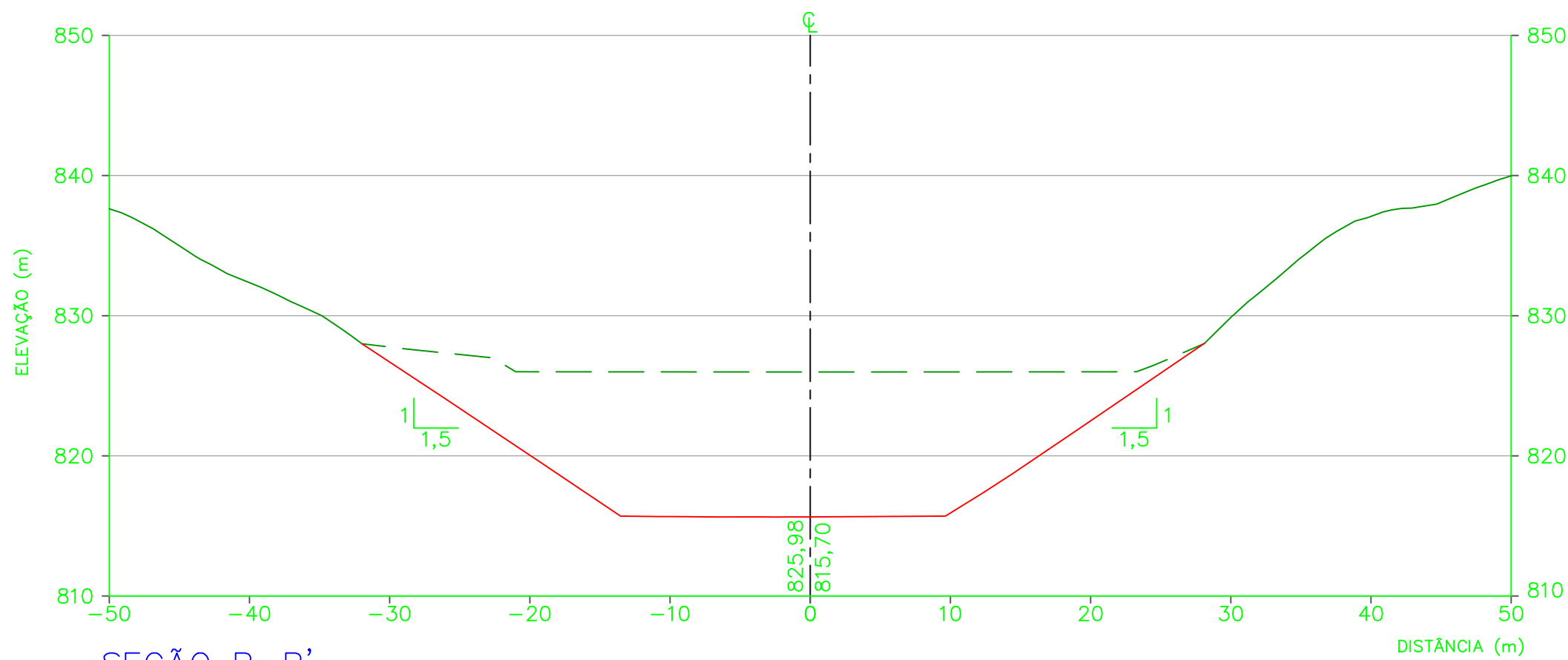
PERFIL LONGITUDINAL EIXO – ESTUDO – 11-05-21
ESC. 1:750



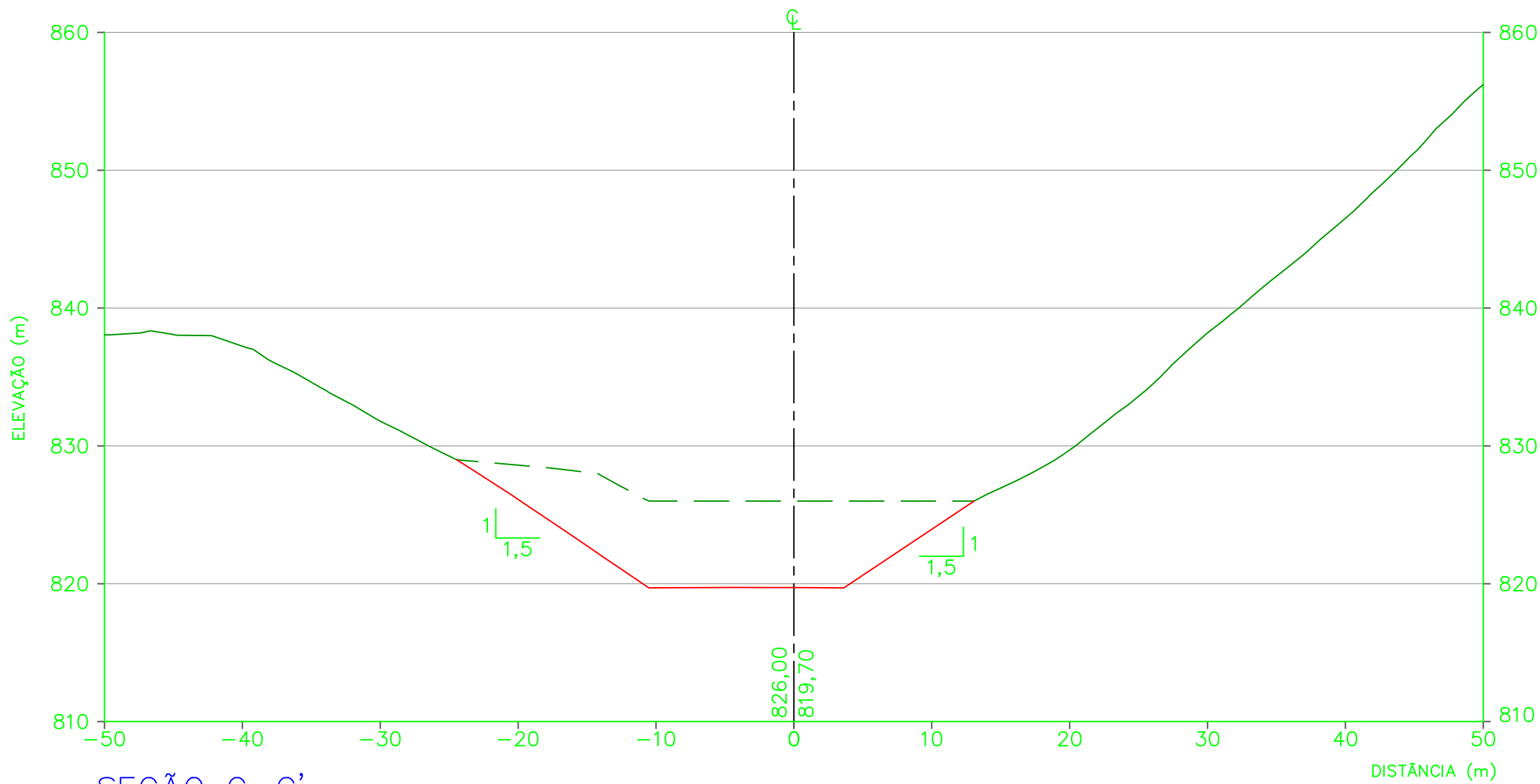
PLANTA CHAVE
SEM ESCALA



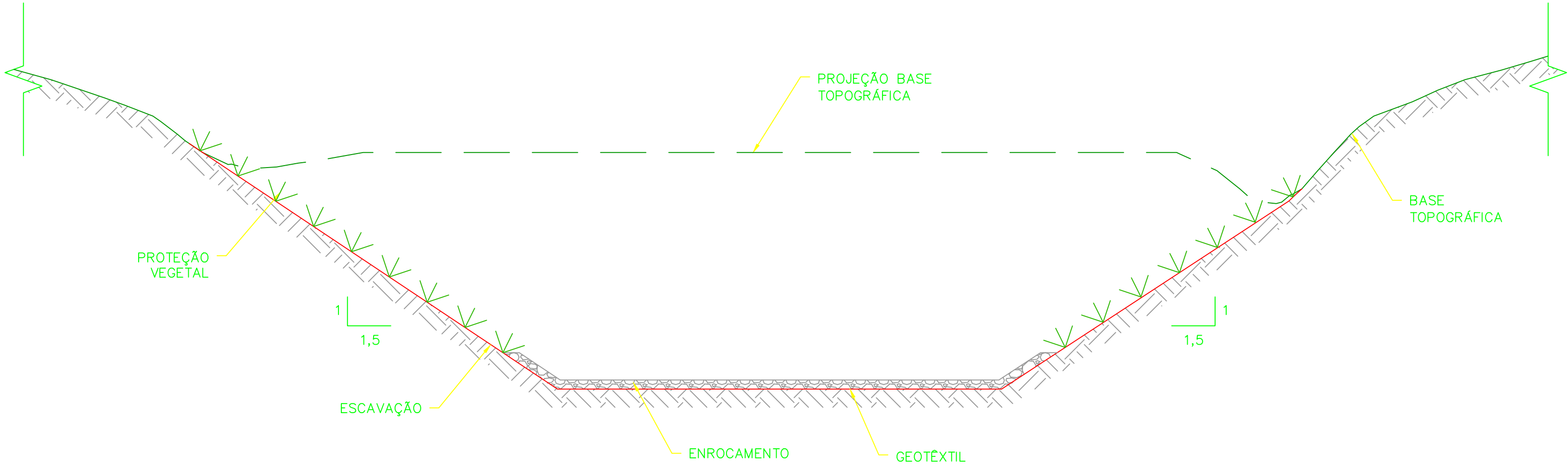
SEÇÃO A-A'
ESC. 1:400



SEÇÃO B-B'
ESC. 1:400



SEÇÃO C-C'
ESC. 1:400



SEÇÃO TÍPICA – REVESTIMENTO DO CANAL E TRATAMENTO DE TALUDE
ESC. 1:200

LEGENDA:	
	BASE TOPOGRÁFICA
	PROJEÇÃO BASE TOPOGRÁFICA
	ESCAVAÇÃO
	ENROCAMENTO
	PROTEÇÃO VEGETAL
	ESCAVAÇÃO



INSTRUÇÕES P/ PLANEJAMENTO	
COR	ESPESURA
BRANCO	0,1
AMARELO	0,1
VERDE	0,2
VERMELHO	0,3
AZUL	0,4
ROSA	0,6
ROSA	0,8

NOTAS	
1 – DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO EXCETO ONDE INDICADO. 2 – A(S) ESCALA(S) INDICADA(S) NESTE DESENHO REFERE(M)–SE AO FORMATO "A1". 3 – PROJEÇÃO UTM – FUSO 23S – DATUM SIRGAS2000. 4 – BASE TOPOGRÁFICA CONVERTIDA DO SISTEMA DE COORDENADAS SAD69 PARA SIRGAS2000, CONFORME SOLICITAÇÃO VALE. CONVERSÃO EXECUTADA POR MEIO DA FERRAMENTA MAPSPACE DO MAP, DO PACOTE CIVIL3D DA AUTODESK. FORAM ADOTADOS PARA A CONVERSÃO OS DADOS DO IBGE DE SAD69 PARA SIRGAS 2000. 5 – PARA ACESSO A ÁREA DO BARRAMENTO SERÁ UTILIZADO O ACESSO EXISTENTE COM POSSÍVEIS ADEQUAÇÕES AO LONGO DO ANDAMENTO DO PROJETO.	

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	
BASE TOPOGRÁFICA VER: 1850JJ-V-00003 MAPA DE INTERFERÊNCIAS – PLANTA VER: 1850JJ-X-31336 ARRANJO GERAL – PLANTA VER: 1850JJ-X-31337 DRENAGEM SUPERFICIAL – PLANTA E SEÇÕES VER:1850JJ-X-31339 E 1850JJ-X-31340 ACESSO CONSTRUTIVO – PLANTA VER: 1850JJ-X-31343 SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA – PLANTA VER: 1850JJ-X-31344 RELATÓRIO TÉCNICO VER: RL-1850JJ-X-31201	

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	C	APROVADO	MVT	TSP	TSP	FAB	PRC	13/09/21
C	B	ATENDENDO COMENTÁRIOS	MVT	AXP	TSP/FCM	FAB	PRC	20/08/21
B	B	ATENDENDO COMENTÁRIOS	MVT	AXP	MAN/FCM	FAB	PRC	19/07/21
A	B	EMISSION INICIAL	MVT	AXP	MAN/FCM	FAB	PRC	16/06/21
T.E. TIPO DE EMISSÃO		REVISÕES						
(A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO		(C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO		(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO		(G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO		

		 BVP Geotecnia & Hidrotecnia		CLASSIFICAÇÃO INTERNA	
PROJETO DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I				Nº DO PROJETO S4978	Nº DA SE —
PROJETO CONCEITUAL UTILIDADES BARRAGENS ARRANJO GERAL SEÇÕES					
ESCALA INDICADA		Nº CONTRATADA 18114-148B-1-GE-DE-0003		Nº VALE 1850JJ-X-31338	
				REVISÃO 0	

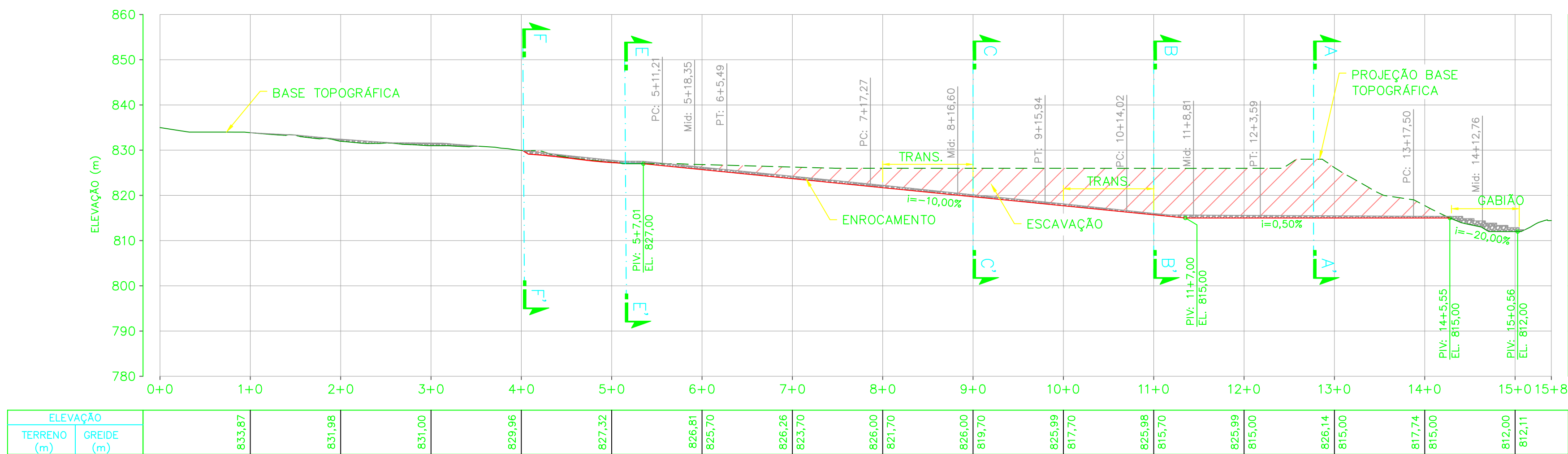


Anexo XIV - PQ-1850JJ-X-31120

[illegible]

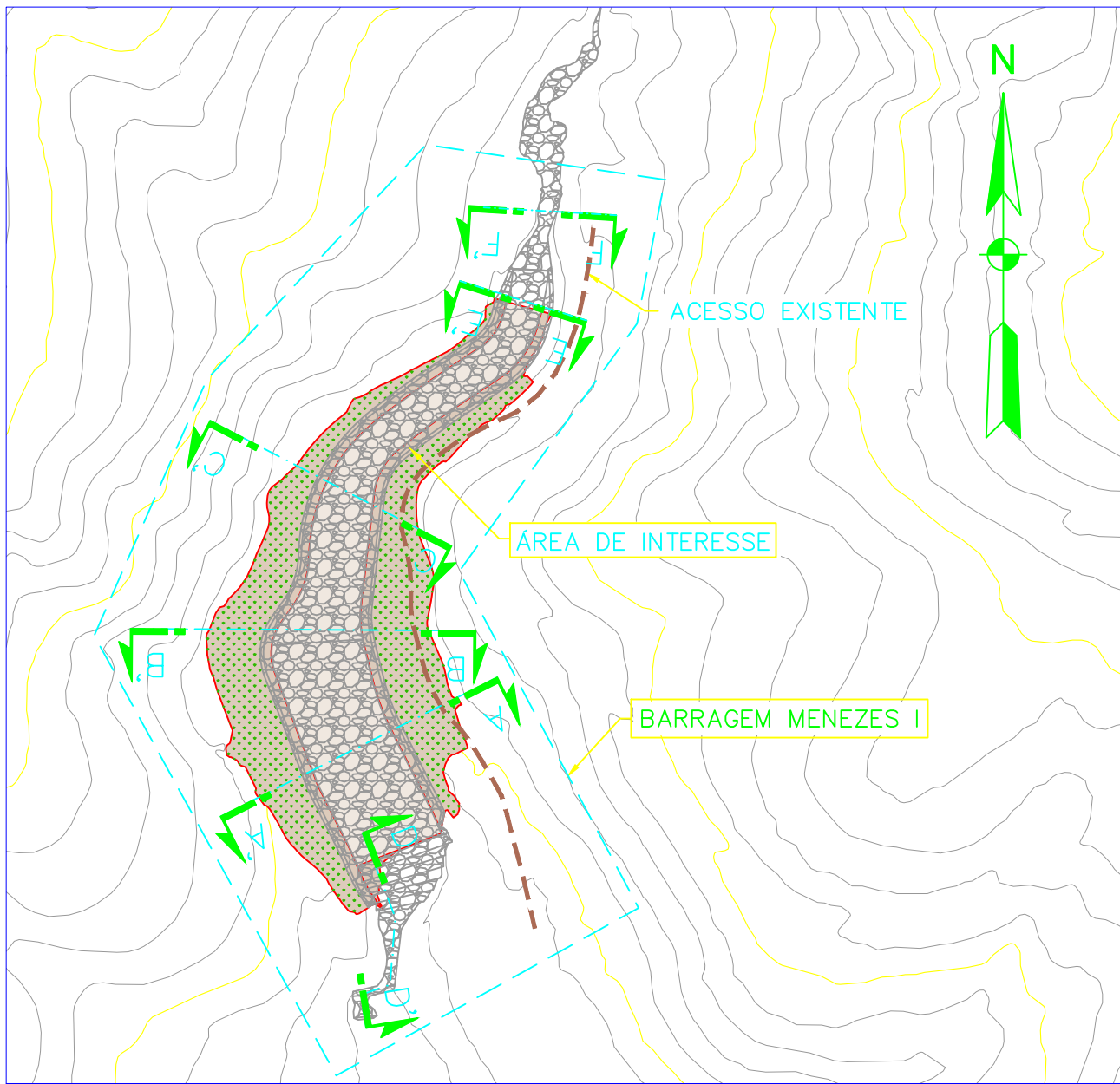
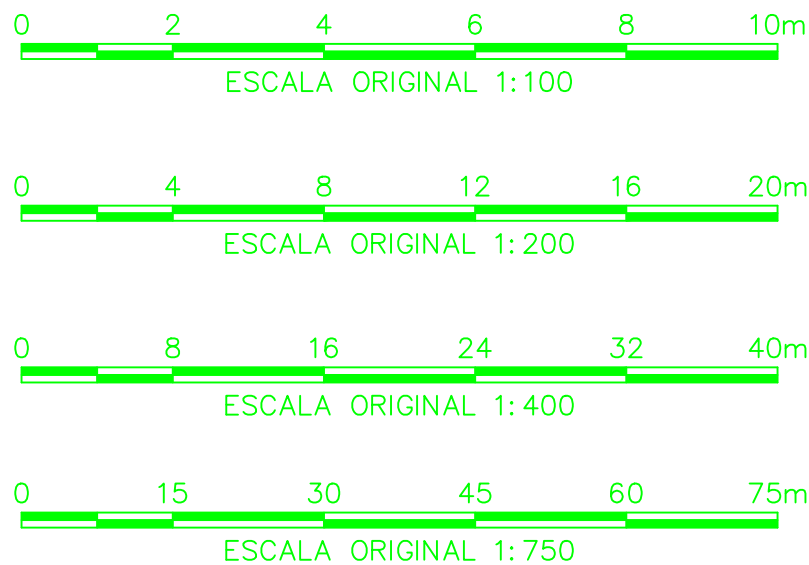


Anexo XV - Desenho 1850JJ-X-31340



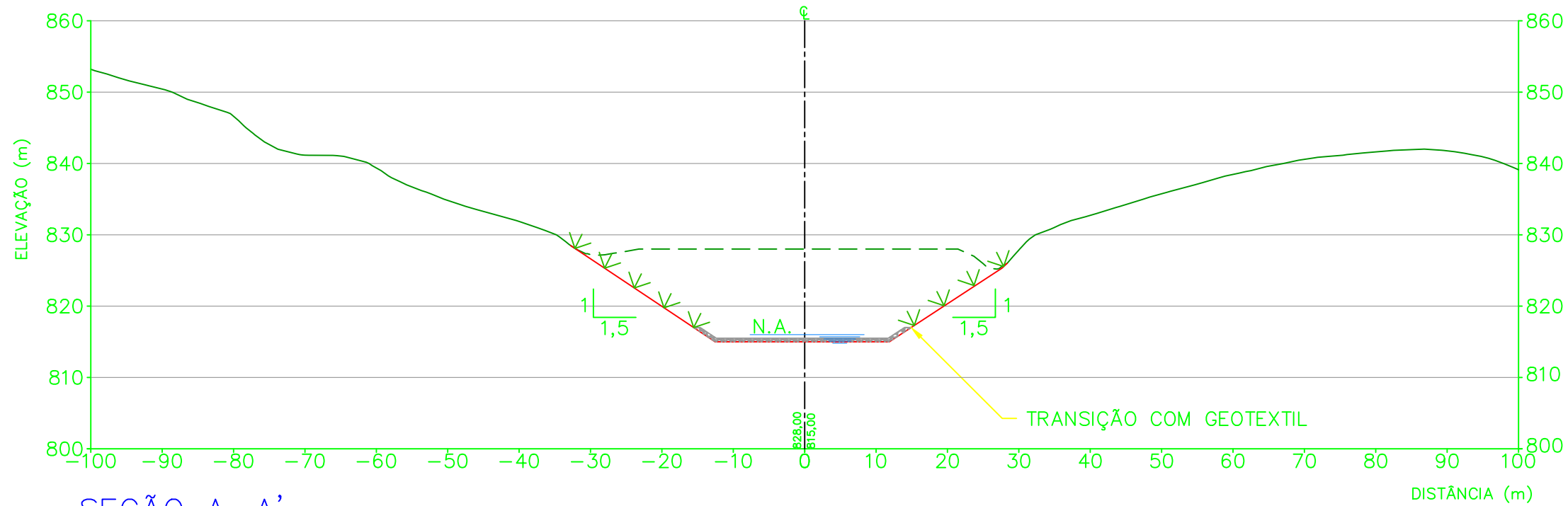
LEGENDA:

- BASE TOPOGRÁFICA
- PROJEÇÃO BASE TOPOGRÁFICA
- ESCAVAÇÃO
- ENROCAMENTO
- PROTEÇÃO VEGETAL
- ESCAVAÇÃO

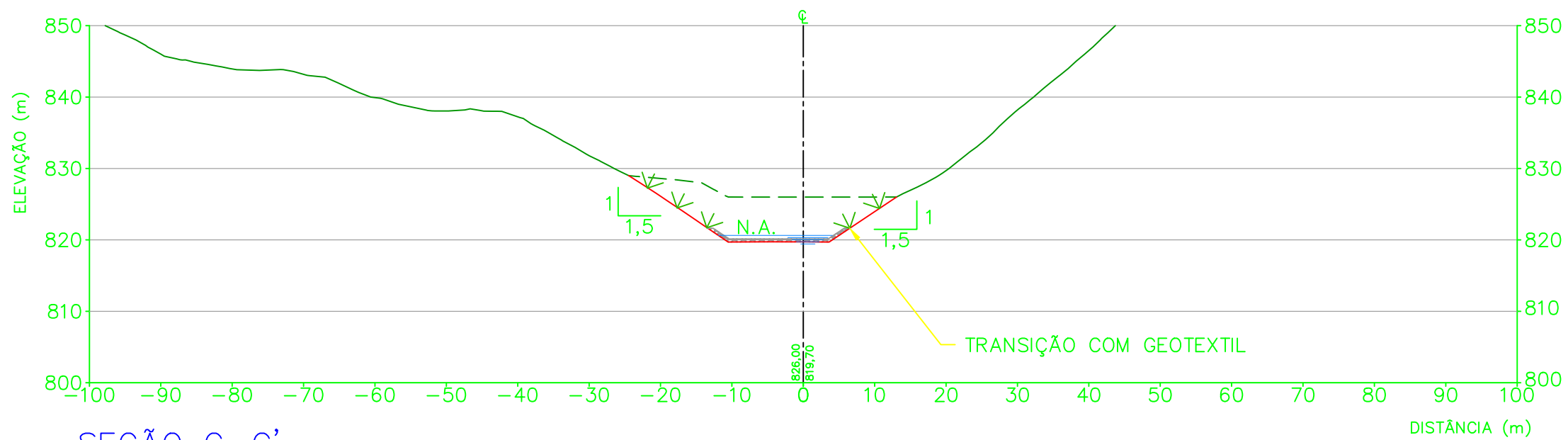


PLANTA CHAVE
SEM ESCALA

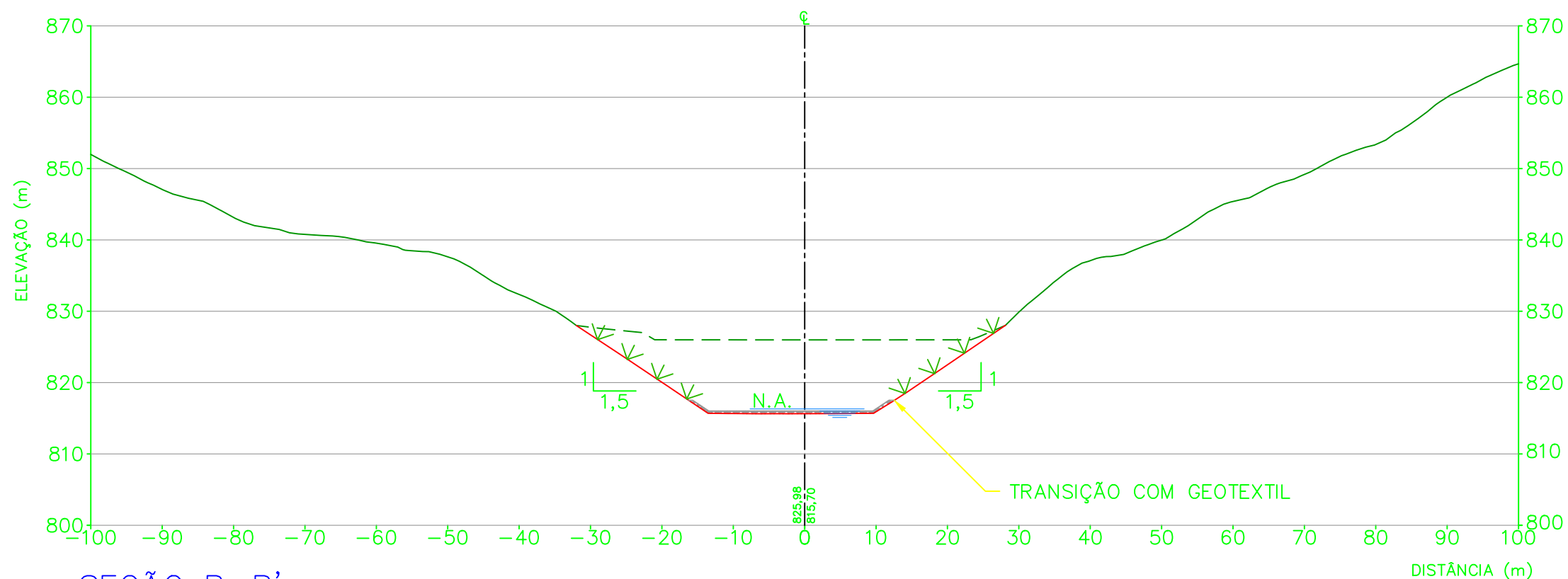
PERFIL LONGITUDINAL
ESC. 1:750



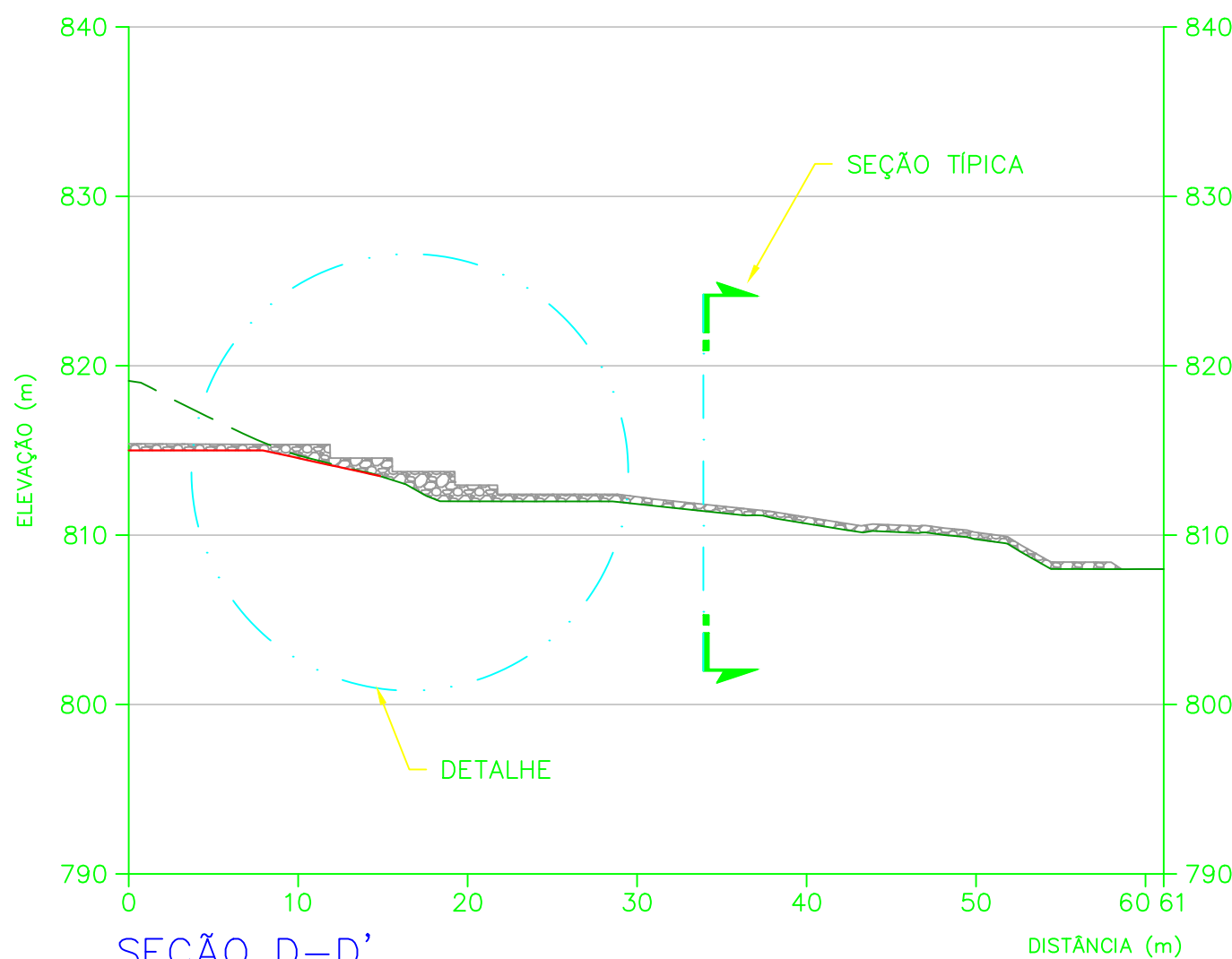
SEÇÃO A-A'
ESC. 1:750



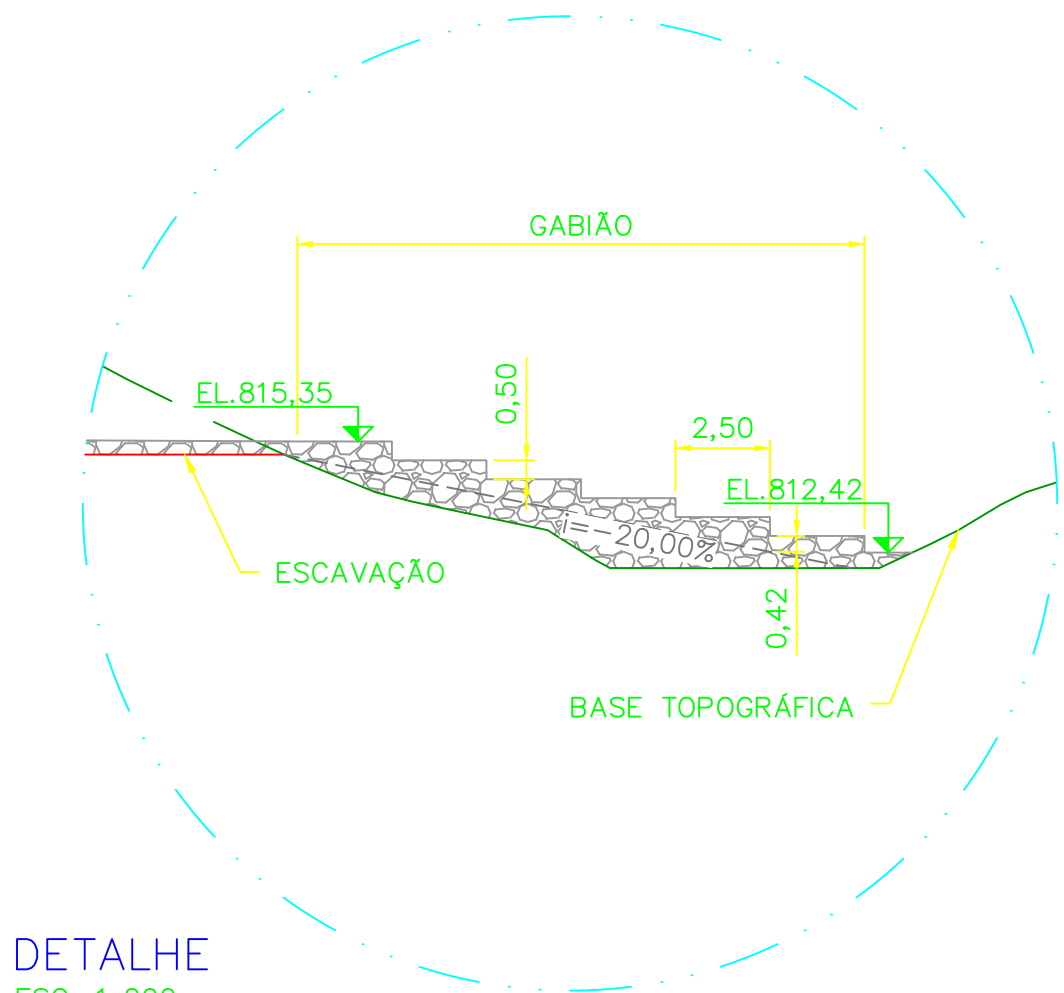
SEÇÃO C-C'
ESC. 1:750



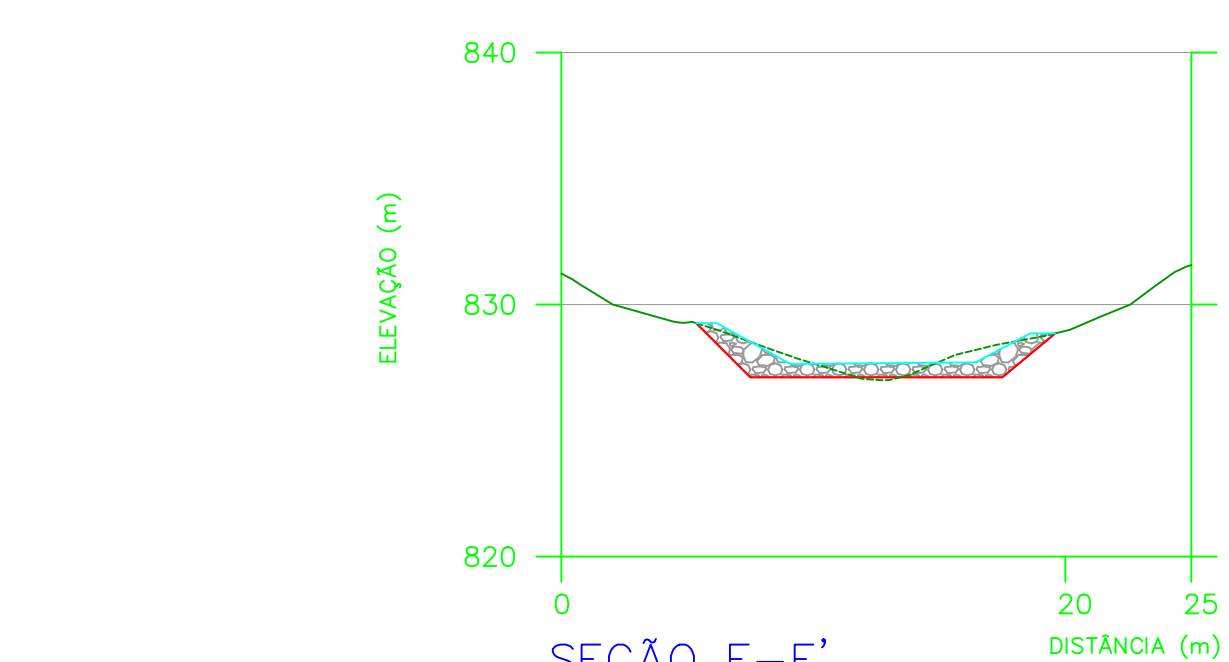
SEÇÃO B-B'
ESC. 1:750



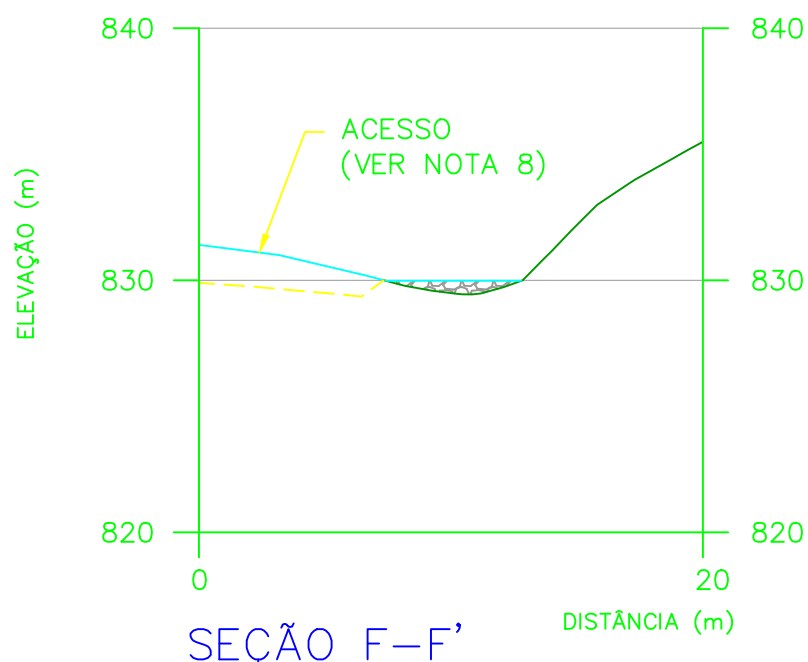
SEÇÃO D-D'
ESC. 1:400



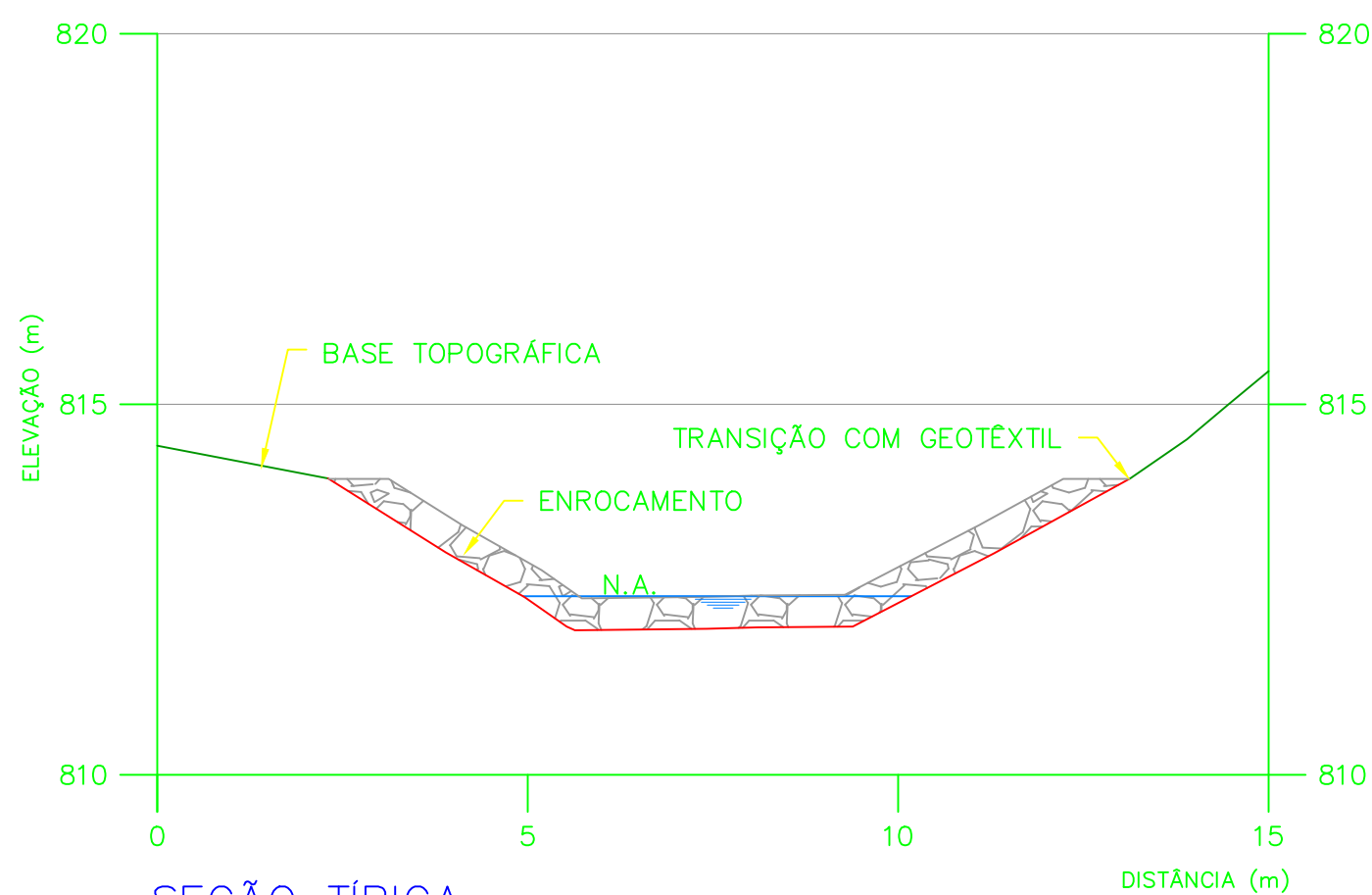
DETALHE
ESC. 1:200



SEÇÃO E-E'
ESC. 1:300



SEÇÃO F-F'
ESC. 1:300



SEÇÃO TÍPICA
ESC. 1:100

NOTAS

- 1 - DIMENSÕES E ELEVACOES EM METRO EXCETO ONDE INDICADO.
- 2 - A(S) ESCALA(S) INDICADA(S) NESTE DESENHO REFERE(M)-SE AO FORMATO "A1".
- 3 - PROJEÇÃO UTM - FUSO 23S - DATUM SIRGAS2000.
- 4 - BASE TOPOGRÁFICA CONVERTIDA DO SISTEMA DE COORDENADAS SAD69 PARA SIRGAS2000, CONFORME SOLICITAÇÃO VALE. CONVERSÃO EXECUTADA POR MEIO DA FERRAMENTA MAPSPACE DO MAP, DO PACOTE CIVIL3D DA AUTODESK. FORAM ADOTADOS PARA A CONVERSÃO OS DADOS DO IBGE DE SAD69 PARA SIRGAS 2000.
- 5 - PARA ACESSO A ÁREA DO BARRAMENTO SERÁ UTILIZADO O ACESSO EXISTENTE COM POSSÍVEIS ADEQUAÇÕES AO LONGO DO ANDAMENTO DO PROJETO.
- 6 - TERRAPLANAGEM PREVISTA COM COMPENSAÇÃO DE VOLUMES DE

- 7 - CORTE E ATERRO (APROVEITAMENTO DO MATERIAL DE CORTE PARA ATERRO).
- 8 - OS CANAIS FORAM DIMENSIONADOS EM TRECHOS, QUE PODEM SER IDENTIFICADOS NO PERFIL LONGITUDINAL, ATRAVÉS DAS ESTACAS COMO MOSTRADO ABAIXO:
TRECHO 1 -> EST. 5+0 A 8+0
TRECHO 2 -> EST. 8+0 A 9+0
TRECHO 3 -> EST. 9+0 A 10+0
TRECHO 4 -> EST. 10+0 A 11+0
TRECHO 5 -> EST. 11+0 A 12+0
TRECHO 6 -> EST. 12+0 A 14+5,55
TRECHO 7 -> EST. 14+5,55 A 15+0,56
TRECHO 8 -> EST. 15+0,56
- 9 - O CONTROLE DE SEDIMENTOS DO ACESSO PARA O CANAL SERÁ AVALIADO EM ETAPA DO PROJETO BÁSICO.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

BASE TOPOGRÁFICA VER: 1850JJ-V-00003
MAPA DE INTERFERÊNCIAS - PLANTA VER: 1850JJ-X-31336
ARRANJO GERAL - PLANTA VER: 1850JJ-X-31337
DRENAGEM SUPERFICIAL - PLANTA E SEÇÕES VER:1850JJ-X-31339 E 1850JJ-X-31340
ACESSO CONSTRUTIVO - PLANTA VER: 1850JJ-X-31343
SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA - PLANTA VER: 1850JJ-X-31344
RELATÓRIO TÉCNICO VER: RL-1850JJ-X-31201

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
REVISÕES								
T.E. TIPO DE EMISSÃO								
(A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO								

				CLASSIFICAÇÃO INTERNA	
PROJETO				Nº DO PROJETO	Nº DA SE
DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I				S4978	-
PROJETO CONCEITUAL					
UTILIDADES					
BARRAGENS					
DRENAGEM SUPERFICIAL					
PERFIL, SEÇÕES E DETALHE					
ESCALA		Nº CONTRATADA		REVIS	
INDICADA		18114-148B-1-HD-DE-0002		0	
		1850JJ-X-31340			



Anexo XVI - Cadastro Técnico Federal (CTF) - ARCADIS





Anexo XVII - Cadastro Técnico Federal (CTF) - EQUIPE TÉCNICA

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
1565891	17/07/2023	17/07/2023	17/10/2023
Dados básicos:			
CPF: 044.673.166-80 Nome: ALESSANDRO ARAÚJO FERREIRA DORNELAS Endereço: logradouro: SENA MADUREIRA, 457 - APT 402-A N.º: 457 Complemento: APTO 402-A Bairro: OURO PRETO Município: BELO HORIZONTE CEP: 31340-000 UF: MG			
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
2211-05	Biólogo	Manejar recursos naturais	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA. A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional. O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis. O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		PWJPNFURLCU7EV15	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
6553748	21/08/2023	21/08/2023	21/11/2023
Dados básicos:			
CPF: 113.472.266-48 Nome: ANA PAULA RIBEIRO OTONI DA SILVA Endereço: logradouro: RUA OLÍMPIA N.º: 142 Complemento: Bairro: BOA VISTA Município: BELO HORIZONTE CEP: 31060-250 UF: MG			
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA. A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional. O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis. O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		I1XT62G5BRVLAYRC	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
8103664	17/07/2023	17/07/2023	17/10/2023
Dados básicos:			
CPF: 132.113.056-29 Nome: CAROLINE APARECIDA FLORENTINO Endereço: logradouro: RUA JOSÉ OLEGÁRIO DA SILVA N.º: 28 Complemento: CASA B Bairro: ÁGUA LIMPA Município: RAPOSOS CEP: 34400-000 UF: MG			
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
2211-05	Biólogo	Realizar diagnósticos biológicos, moleculares e ambientais	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA. A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional. O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis. O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		QUZZGEF69U4GP4GH	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
1926297	13/07/2023	13/07/2023	13/10/2023
Dados básicos:			
CPF: 050.874.956-56 Nome: DANIEL TEIXEIRA SOUZA Endereço: logradouro: RUA MARIA DE SOUZA ALVES N.º: 110 Complemento: APTO 503 Bairro: MANACÁS Município: BELO HORIZONTE CEP: 30840-610 UF: MG			
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA. A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional. O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis. O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		Y342P13CU5RYUICF	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
6905705	19/07/2023	19/07/2023	19/10/2023
Dados básicos:			
CPF: 115.574.696-10 Nome: GABRIEL ESTEVÃO NOGUEIRA AGUILA Endereço: logradouro: R. TERESOPOLIS N.º: 183 Complemento: APTO 203 Bairro: CANADA Município: BELO HORIZONTE CEP: 31130-050 UF: MG			
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA. A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional. O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis. O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		87UXGTP7FG61YFXW	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7864910	19/07/2023	19/07/2023	19/10/2023
Dados básicos:			
CPF: 149.467.977-93 Nome: JÉSSICA MASCARELLO GRACIANO			
Endereço:			
logradouro: AV ELIZABETH PERIM N.º: 356 Bairro: SÃO RAFAEL CEP: 29375-000			
Complemento: Município: VENDA NOVA DO IMIGRANTE UF: ES			
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2211-05	Biólogo	Estudar seres vivos	
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA. A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional. O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis. O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		7HGJQF15A4REQQE1	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7746337	21/08/2023	21/08/2023	21/11/2023
Dados básicos:			
CPF: 098.267.306-02			
Nome: LUANNA DI GUIMARAES			
Endereço:			
logradouro: RUA RIO NEGRO			
N.º: 924	Complemento: 201		
Bairro: BARROCA	Município: BELO HORIZONTE		
CEP: 30431-058	UF: MG		
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2140-05	Engenheiro Ambiental	Prestar consultoria, assistência e assessoria	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA. A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional. O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis. O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		MUM66YJXBGWP3YUH	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
8102923	16/08/2023	16/08/2023	16/11/2023
Dados básicos:			
CPF: 333.069.458-03			
Nome: MARCELO OTTOBONI GONÇALVES			
Endereço:			
logradouro: RUA RIO GRANDE DO NORTE			
N.º:	1138	Complemento:	AP 902
Bairro:	FUNCIONÁRIOS	Município:	BELO HORIZONTE
CEP:	30130-135	UF:	MG
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2140-05	Engenheiro Ambiental	Prestar consultoria, assistência e assessoria	
2142-05	Engenheiro Civil	Prestar consultoria, assistência e assessoria	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA. A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional. O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis. O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		MECJBE2Q9QKL5JTK	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7281487	15/06/2023	15/06/2023	15/09/2023
Dados básicos:			
CPF: 281.747.168-74			
Nome: RODRIGO BRAGA SANTINI			
Endereço:			
logradouro: RUA LIBERO BADARÓ			
N.º: 377	Complemento: 6 ANDAR		
Bairro: CENTRO	Município: SAO PAULO		
CEP: 01009-906	UF: SP		
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2134-05	Geólogo	Prestar assessoria e consultoria	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA. A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional. O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis. O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		33SCRPLMP52AVEDW	



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
521629	15/06/2023	15/06/2023	15/09/2023

Dados básicos:

CPF:	086.122.968-11
------	----------------

Nome: SANDRA ELISA FAVORITO

Endereço:

logradouro: RUA MANOEL DA NOBREGA, 420 - APT. 52

N.º: 420

Complemento: APTO: 52

Bairro: PARAISO

Município: SAO PAULO

CEP: 04001-001

UF:	SP
-----	----

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

Chave de autenticação	LRMLKLWJNA6A7L1P
-----------------------	------------------

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
5062547	24/08/2023	14/06/2023	14/09/2023
Dados básicos:			
CPF: 333.299.518-93 Nome: LUÍS GUSTAVO SAYÃO DE MORAES Endereço: logradouro: RUA TONELERO N.º: 1507 Complemento: APTO. 11 Bairro: VILA IPOJUCA/ALTO DA LAPA Município: SAO PAULO CEP: 05056-001 UF: SP			
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2141-25	Arquiteto Urbanista	Prestar serviços de consultoria e assessoria	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA. A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional. O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis. O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		Y545EEQ4YM1F5Z3J	



Anexo XVIII - Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) - Equipe Técnica



Serviço Público Federal
Conselho Federal de Biologia
Conselho Regional de Biologia - 4ª Região

Situação: DEFERIDO		Data: 28/03/2023	
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART		Nº: 20231000103738	
CONTRATADO			
Nome ANA PAULA RIBEIRO OTONI DA SILVA		Registro CRBio: 104541/04-D	
Cpf: 113.472.266-48		Tel: (31) 3461-1655	
E-mail: ANAPAUOLAOTONI@GMAIL.COM			
Endereço RUA OLÍMPIA, 142			
Cidade: BELO HORIZONTE		Bairro: BOA VISTA	
CEP: 31.060-250		UF: MG	
CONTRATANTE			
Nome ARCADIS LOGOS SA			
Registro		CPF/CGC/CNPJ: 07.939.296/0001-50	
Endereço AVENIDA DAS NAÇÕES UNIDAS, 12995, 12995			
Cidade SÃO PAULO		Bairro BROOKLIN PAULISTA	
CEP: 04.578-911		UF: SP	
Site:			
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Natureza Prestação de Serviço - REALIZAÇÃO DE CONSULTORIA/ASSESSORIAS TÉCNICAS			
Identificação PARA LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I			
Município do Trabalho: BRUMADINHO,		UF :MG	Município da sede: BELO HORIZONTE,
			UF :MG
Forma de participação: EQUIPE		Perfil da equipe: MULTIDISCIPLINAR	
Área do Conhecimento: BOTÂNICA, ECOLOGIA		Campo de Atuação: MEIO AMBIENTE E BIODIVERSIDADE	
Descrição sumária da atividade: Responsável técnica pela elaboração dos estudos ambientais de meio biótico (flora) para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA, PIA, PRADA, PCIA, Estudo de Critérios Locacionais.			
Valor: R\$ 0,00		Total de horas: 180	
Início 27/03/2023		Término	
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
DocuSigned by: Data: / / F2BE34A94CF3430 Assinatura do Profissional		DocuSigned by: Data: / / 7F5106E9171946F... Assinatura e Carimbo do Contratante	
		verifique a autenticidade	
Solicitação de baixa por distrato		Solicitação de baixa por conclusão	
Data: / / Assinatura do Profissional		Data: / / Assinatura do Profissional	
Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante		Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante	



Serviço Público Federal
Conselho Federal de Biologia
Conselho Regional de Biologia - 4ª Região

Situação: DEFERIDO		Data: 28/07/2023	
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART		Nº: 20231000109318	
CONTRATADO			
Nome DANIEL TEIXEIRA SOUZA		Registro CRBio: 044970/04-D	
Cpf: 050.874.956-56		Tel: 992062512	
E-mail: DANIELSOUZABIO@GMAIL.COM			
Endereço RUA JOSÉ FARIA TAVARES, S/N			
Cidade: BELO HORIZONTE		Bairro: OURO PRETO	
CEP: 31.320-280		UF: MG	
CONTRATANTE			
Nome ARCADIS LOGOS S.A			
Registro		CPF/CGC/CNPJ: 07.939.296/0001-50	
Endereço AVENIDA DAS NAÇÕES UNIDAS, 12995, 12995			
Cidade SÃO PAULO		Bairro BROOKLIN PAULISTA	
CEP: 04.578-911		UF: SP	
Site:			
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Natureza Prestação de Serviço - PROPOSIÇÃO DE ESTUDOS, PROJETOS DE PESQUISAS E/OU SERVIÇOS			
Identificação CONSULTORIA - GRUPO TEMÁTICO FLORA - BARRAGEM MENEZES I, BRUMADINHO (MG)			
Município do Trabalho: BRUMADINHO,		UF :MG	Município da sede: BELO HORIZONTE,
			UF :MG
Forma de participação: EQUIPE		Perfil da equipe: MULTIDISCIPLINAR	
Área do Conhecimento: BOTÂNICA, ECOLOGIA		Campo de Atuação: MEIO AMBIENTE E BIODIVERSIDADE	
Descrição sumária da atividade: Responsável técnico pela elaboração dos estudos ambientais de meio biótico (flora) para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA, PIA, PRADA, PCIA, Estudo de similaridade e Estudo de Critérios Locacionais.			
Valor: R\$ 21.000,00		Total de horas: 160	
Início 15/07/2023		Término	
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
DocuSigned by: Data: / / Daniel Teixeira Souza F8B5AEA3559E4A7... Assinatura do Profissional		DocuSigned by: Data: / / Sandra Elisa Favretto 7F5106E9171946F... Assinatura e Carimbo do Contratante	
		verifique a autenticidade	
Solicitação de baixa por distrato		Solicitação de baixa por conclusão	
Data: / / Assinatura do Profissional		Data: / / Assinatura do Profissional	
Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante		Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante	

**CAU/BR**Conselho de Arquitetura
e Urbanismo do Brasil

Registro de Responsabilidade Técnica - RRT

RRT 12915037



Verificar Autenticidade

1. RESPONSÁVEL TÉCNICO

Nome Civil/Social: LUIS GUSTAVO SAYAO DE MORAES

Título Profissional: Arquiteto(a) e Urbanista

CPF: 333.XXX.XXX-93

Nº do Registro: 000A868698

1.1 Empresa Contratada

Razão Social: ARCADIS LOGOS S.A.

CNPJ: 07.XXX.XXX/0001-50

Nº Registro: PJ18867-0

2. DETALHES DO RRT

Nº do RRT: SI12915037I00CT001

Data de Cadastro: 21/03/2023

Data de Registro: 25/03/2023

Tipologia: NÃO SE APLICA

Modalidade: RRT SIMPLES

Forma de Registro: INICIAL

Forma de Participação: INDIVIDUAL

2.1 Valor do RRT

Valor do RRT: R\$115,18

Pago em: 24/03/2023

3. DADOS DO SERVIÇO/CONTRATANTE

3.1 Serviço 001

Contratante: Vale S.A.

Tipo: Pessoa Jurídica de Direito Privado

Valor do Serviço/Honorários: R\$653.532,72

CPF/CNPJ: 33.XXX.XXX/0008-20

Data de Início: 26/08/2023

Data de Previsão de Término:
26/08/2023

3.1.1 Dados da Obra/Serviço Técnico

CEP: 35460000

Logradouro: Corrego do Feijao

Bairro: ZONA RURAL

UF: MG

Nº: S N

Complemento: MINA CÔRREGO DO
FEIJÃO

Cidade: Brumadinho

Longitude:

Latitude:

3.1.2 Descrição da Obra/Serviço Técnico

Elaboração dos estudos ambientais de meio socioeconômico para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA, PIA, PRADA, PCIA, Estudo de Critérios Locacionais.

3.1.3 Declaração de Acessibilidade

Declaro o atendimento às regras de acessibilidade previstas em legislação e em normas técnicas pertinentes para as edificações abertas ao público, de uso público ou privativas de uso coletivo, conforme § 1º do art. 56 da Lei nº 13146, de 06 de julho de 2015.



RRT 12915037



Verificar Autenticidade

3.1.4 Dados da Atividade Técnica

Grupo: MEIO AMBIENTE E PLANEJAMENTO REGIONAL E URBANO
Atividade: 4.2.2 - Diagnóstico ambiental

Quantidade: 1
Unidade: unidade

4. RRT VINCULADO POR FORMA DE REGISTRO

Nº do RRT	Contratante	Forma de Registro	Data de Registro
SI12915037I00CT001	Vale S.A.	INICIAL	21/03/2023

5. DECLARAÇÃO DE VERACIDADE

Declaro para os devidos fins de direitos e obrigações, sob as penas previstas na legislação vigente, que as informações cadastradas neste RRT são verdadeiras e de minha responsabilidade técnica e civil.

6. ASSINATURA ELETRÔNICA

Documento assinado eletronicamente por meio do SICCAU do arquiteto(a) e urbanista LUIS GUSTAVO SAYAO DE MORAES, registro CAU nº 000A868698, na data e hora: 21/03/2023 09:48:53, com o uso de login e de senha. O **CPF/CNPJ** está oculto visando proteger os direitos fundamentais de liberdade, privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural (**LGPD**)

A autenticidade deste RRT pode ser verificada em: <https://siccau.cau.br/app/view/sight/externo?form=Servicos>, ou via QRCode.

DocuSigned by:

Luís Sayao

A82F05F8A7874C3...

PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/C24D-46BE-9713-535A> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/C24D-46BE-9713-535A> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: C24D-46BE-9713-535A



Hash do Documento

BF2A786E29B9648BBBC2ABF90B227EC47FBB512817B6AD4F330A2FEAE7E188FD

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 20/04/2023 é(são) :

☒ Aidene Godinho (Signatário) - 857.072.446-20 em 20/04/2023 16:57 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: Aidene.Godinho@Vale.Com

Evidências

Client Timestamp Thu Apr 20 2023 16:57:26 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -19.9764 Longitude: -43.9878 Accuracy: 658

IP 189.13.255.1

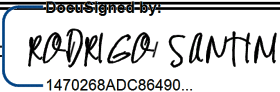
Hash Evidências:

2D8C664FA39AC25C30D86DB9FFEC0CA6773F1F5713AA9D60D71398D83BDE3D59





Serviço Público Federal
Conselho Federal de Biologia
Conselho Regional de Biologia - 4ª Região

Situação: DEFERIDO		Data: 27/03/2023	
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART		Nº: 20231000103595	
CONTRATADO			
Nome SANDRA ELISA FAVRETTO		Registro CRBio: 010513/RS	
Cpf: 086.122.968-11		Tel: (11) 3117-3171	
E-mail: HERBERT.SOUSA@ARCADIS.COM			
Endereço RUA MANUEL DA NÓBREGA, 420 APTO 52			
Cidade: SÃO PAULO		Bairro: PARAÍSO	
CEP: 04.001-001		UF: SP	
CONTRATANTE			
Nome ARCADIS LOGOS SA			
Registro		CPF/CGC/CNPJ: 07.939.296/0001-50	
Endereço AVENIDA DAS NAÇÕES UNIDAS, 12995, 12995 14º ANDAR			
Cidade SÃO PAULO		Bairro BROOKLIN PAULISTA	
CEP: 04.578-911		UF: SP	
Site:			
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Natureza Prestação de Serviço - SUPERVISÃO ESTUDOS/PROJETOS DE PESQUISA E/OU SERVIÇOS			
Identificação ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS AMBIENTAIS PARA LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENE			
Município do Trabalho: BRUMADINHO,		UF :MG	Município da sede: BRUMADINHO,
Forma de participação: EQUIPE		Perfil da equipe: BIÓLOGOS E ENGENHEIROS FLORESTAIS	
Área do Conhecimento: ECOLOGIA		Campo de Atuação: MEIO AMBIENTE E BIODIVERSIDADE	
Descrição sumária da atividade: Direção Técnica para elaboração dos estudos ambientais para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA, PIA, PRADA, PCIA, Estudo de Critérios Locacionais.			
Valor: R\$ 5.000,00		Total de horas: 10	
Início 08/03/2023		Término	
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
Data:  EE219B695BCE40D...		Data:  1470268ADC86490...	
Assinatura do Profissional		Assinatura e Carimbo do Contratante	
Solicitação de baixa por distrato		Solicitação de baixa por conclusão	
Data: / / Assinatura do Profissional		Data: / / Assinatura do Profissional	
Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante		Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante	



This document has been electronically signed by {signer'sName}. To verify the signatures, go to the site <https://wale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code CDCE-AE3E-93F0-9F9D. For more information, go to the site <https://wale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code CDCE-AE3E-93F0-9F9D.

PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/CDCE-AE3E-93F0-9F9D> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/CDCE-AE3E-93F0-9F9D> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: CDCE-AE3E-93F0-9F9D



Hash do Documento

EED2A8CA6B1402B4EB12C10F9EC445ACBA85EE1438DDA1389FCEF9727E7CF60A

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 20/04/2023 é(são) :

☒ Aidene Godinho (Signatário) - 857.072.446-20 em 20/04/2023 16:57 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: Aidene.Godinho@Vale.Com

Evidências

Client Timestamp Thu Apr 20 2023 16:56:59 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

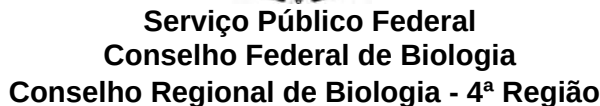
Geolocation Latitude: -19.971102 Longitude: -43.968249 Accuracy: 99

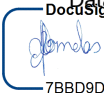
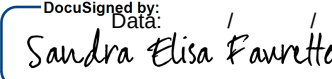
IP 189.13.255.1

Hash Evidências:

F5A85111CDFECC7CA5E7FA06F9C8E970B7CE2001F3BBC5B1ED274E18889BAF1A





Situação: DEFERIDO		Data: 19/04/2023	
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART		Nº: 20231000104820	
CONTRATADO			
Nome ALESSANDRO ARAUJO FERREIRA DORNELAS		Registro CRBio: 062469/04-D	
Cpf: 044.673.166-80		Tel: (31) 99408-5368	
E-mail: ALESSANDRODORNELAS@YAHOO.COM.BR			
Endereço RUA SENA MADUREIRA, 457 402-A			
Cidade: BELO HORIZONTE		Bairro: OURO PRETO	
CEP: 31.340-000		UF: MG	
CONTRATANTE			
Nome ARCADIS LOGOS S.A			
Registro		CPF/CGC/CNPJ: 07.939.296/0001-50	
Endereço AVENIDA DAS NAÇÕES UNIDAS, 12995, 12995			
Cidade SÃO PAULO		Bairro BROOKLIN PAULISTA	
CEP: 04.578-911		UF: SP	
Site:			
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Natureza Prestação de Serviço - PROPOSIÇÃO DE ESTUDOS, PROJETOS DE PESQUISAS E/OU SERVIÇOS			
Identificação ESTUDOS AMBIENTAIS PARA LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I			
Município do Trabalho: BRUMADINHO,		UF :MG	Município da sede: SÃO PAULO,
			UF :SP
Forma de participação: EQUIPE		Perfil da equipe: MULTIDISCIPLINAR	
Área do Conhecimento: ZOOLOGIA		Campo de Atuação: MEIO AMBIENTE E BIODIVERSIDADE	
Descrição sumária da atividade: Coordenação dos estudos ambientais, meio biótico-fauna, para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA, PIA, PRADA, PCIA, Estudo de Critérios Locacionais.			
Valor: R\$ 5.000,00		Total de horas: 80	
Início 17/04/2023		Término	
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
DocuSigned by: Data: / /  7BBD9D2294F74D2... Assinatura do Profissional		DocuSigned by: Data: / /  7F5106E9171946F... Assinatura e Carimbo do Contratante	
Solicitação de baixa por distrato Data: / / Assinatura do Profissional Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante		Solicitação de baixa por conclusão Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio. Data: / / Assinatura do Profissional Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante	



Serviço Público Federal
Conselho Federal de Biologia
Conselho Regional de Biologia - 4ª Região

Situação: DEFERIDO		Data: 19/04/2023	
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART		Nº: 20231000104811	
CONTRATADO			
Nome GABRIEL ESTEVAO NOGUEIRA AGUILA		Registro CRBio: 112365/04-D	
Cpf: 115.574.696-10		Tel: (31) 99241-7738	
E-mail: GABRIELNAGUILA@GMAIL.COM			
Endereço RUA DEPUTADO JOSÉ RAIMUNDO, 735 APTO 102			
Cidade: BELO HORIZONTE		Bairro: DONA CLARA	
CEP: 31.260-150		UF: MG	
CONTRATANTE			
Nome ARCADIS LOGOS S.A			
Registro		CPF/CGC/CNPJ: 07.939.296/0001-50	
Endereço AVENIDA DAS NAÇÕES UNIDAS, 12995 14º ANDAR - CONJUNTO 141			
Cidade SÃO PAULO		Bairro BROOKLIN PAULISTA	
CEP: 04.578-911		UF: SP	
Site:			
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Natureza Prestação de Serviço - COORDENAÇÃO/ORIENTAR ESTUDOS/PROJETOS DE PESQUISA E/OU OUTROS SERVIÇOS			
Identificação ESTUDOS AMBIENTAIS PARA LICENCIAMENTO DO PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM MENEZES I			
Município do Trabalho: BRUMADINHO,		UF :MG	Município da sede: BELO HORIZONTE,
			UF :MG
Forma de participação: EQUIPE		Perfil da equipe: MULTIDISCIPLINAR	
Área do Conhecimento: ECOLOGIA		Campo de Atuação: MEIO AMBIENTE E BIODIVERSIDADE	
Descrição sumária da atividade: Responsável técnico pela elaboração dos estudos ambientais de meio biótico (Biota aquática) para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA, PIA, PRADA, PCIA, Estudo de Critérios Locacionais.			
ART vinculada a ART Cargo/Função nº 20221000108588.			
Valor: R\$ 0,00		Total de horas: 160	
Início 17/04/2023		Término	
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
DocuSigned by: Data: / / Gabriel Aguilã 056ACBF16ED8498 Assinatura do Profissional		DocuSigned by: Data: Sandra Elisa Pavetto 7F5106E9171946F... Assinatura e Carimbo do Contratante	
		verifique a autenticidade	
Solicitação de baixa por distrato		Solicitação de baixa por conclusão	
Data: / / Assinatura do Profissional		Data: / / Assinatura do Profissional	
Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante		Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante	



Serviço Público Federal
Conselho Federal de Biologia
Conselho Regional de Biologia - 4ª Região

Situação: DEFERIDO		Data: 19/04/2023	
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART		Nº: 20231000104821	
CONTRATADO			
Nome CAROLINE APARECIDA FLORENTINO		Registro CRBio: 128970/04-P	
Cpf: 132.113.056-29		Tel: (31) 99861-3620	
E-mail: CAROLINEAPARECIDAFLORENTINO@HOTMAIL.COM			
Endereço RUA OTÁVIO FERREIRA DA SILVA, 230			
Cidade: RAPOSOS		Bairro: VILA VITÓRIA	
CEP: 34.400-000		UF: MG	
CONTRATANTE			
Nome ARCADIS LOGOS S.A			
Registro		CPF/CGC/CNPJ: 07.939.296/0001-50	
Endereço AVENIDA DAS NAÇÕES UNIDAS, 12995, 12995			
Cidade SÃO PAULO		Bairro BROOKLIN PAULISTA	
CEP: 04.578-911		UF: SP	
Site:			
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Natureza Prestação de Serviço - REALIZAÇÃO DE CONSULTORIA/ASSESSORIAS TÉCNICAS			
Identificação ESTUDOS AMBIENTAIS PARA LICENCIAMENTO DO PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGEM MENEZES I			
Município do Trabalho: BRUMADINHO,		UF :MG	Município da sede: SÃO PAULO,
			UF :SP
Forma de participação: EQUIPE		Perfil da equipe: MULTIDISCIPLINAR	
Área do Conhecimento: ECOLOGIA, ZOOLOGIA		Campo de Atuação: MEIO AMBIENTE E BIODIVERSIDADE	
Descrição sumária da atividade: Elaboração dos estudos ambientais, com ênfase nos grupos da Avifauna e Entomofauna, para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA, PIA, PRADA, PCIA, Estudo de Critérios Locacionais.			
Valor: R\$ 3.000,00		Total de horas: 240	
Início 13/04/2023		Término	
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
DocuSigned by: Data: / / 6A6F44B2A67D434... Assinatura do Profissional		DocuSigned by: Data: / / 7F5106E9171946F... Assinatura e Carimbo do Contratante	
		verifique a autenticidade	
Solicitação de baixa por distrato		Solicitação de baixa por conclusão	
Data: / / Assinatura do Profissional		Data: / / Assinatura do Profissional	
Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante		Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante	



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232312588

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20232305120
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

MARCELO OTTOBONI GONÇALVES

Título profissional: **ENGENHEIRO AMBIENTAL, ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **2614322989**

Registro: **297481MG**

Empresa contratada: **ARCADIS LOGOS S/A**

Registro Nacional: **0001259830-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Vale S.A.**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0008-20**

FAZENDA Córrego do Feijão

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **25/08/2022**

Valor: **R\$ 653.532,72**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

FAZENDA Córrego do Feijão

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Data de Início: **25/08/2022**

Previsão de término: **25/08/2023**

Coordenadas Geográficas: **-20.135858, -44.107617**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Vale S.A.**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0008-20**

4. Atividade Técnica

20 - Gestão

Quantidade

Unidade

23 - Consultoria > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE
DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.6 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Responsável técnico dos estudos ambientais de meio físico para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA e Estudo de Critérios Locacionais

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/legpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SENGE-MG - Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais

DocuSigned by:

Marcelo Ottoni Gonçalves

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

MARCELO OTTOBONI GONÇALVES - CPF: 333.069.458-03

_____, _____ de _____ de _____

Local

data

Vale S.A. - CNPJ: 33.592.510/0008-20

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 8YBW2
Impresso em: 23/08/2023 às 07:26:01 por: , ip: 170.82.175.13





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232312588

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20232305120
EQUIPE - ART PRINCIPAL

Valor da ART: **R\$ 96,62**

Registrada em: **22/08/2023**

Valor pago: **R\$ 96,62**

Nosso Número: **8602280545**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 8YBW2
Impresso em: 23/08/2023 às 07:26:01 por: , ip: 170.82.175.13

www.crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:





Serviço Público Federal
Conselho Federal de Biologia
Conselho Regional de Biologia - 4ª Região

Situação: DEFERIDO	Data: 19/04/2023
--------------------	------------------

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART	Nº: 20231000104796
---	--------------------

CONTRATADO

Nome JÉSSICA MASCARELLO GRACIANO	Registro CRBio: 126371/RS
Cpf: 149.467.977-93	Tel: (28) 99971-1343

E-mail: JESSICAGRACIANO9@GMAIL.COM

Endereço AVENIDA ELIZABETH PERIM, 356 CASA AO FUNDO, AO LADO DO ANTIGO POLENTA'S BURGUER
--

Cidade: VENDA NOVA DO IMIGRANTE	Bairro: SÃO RAFAEL
CEP: 29.375-000	UF: ES

CONTRATANTE

Nome ARCADIS LOGOS S.A

Registro	CPF/CGC/CNPJ: 07.939.296/0001-50
----------	----------------------------------

Endereço AVENIDA DAS NAÇÕES UNIDAS, 12995, 12995
--

Cidade SÃO PAULO	Bairro BROOKLIN PAULISTA
CEP: 04.578-911	UF: SP

Site:

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

Natureza Prestação de Serviço - REALIZAÇÃO DE CONSULTORIA/ASSESSORIAS TÉCNICAS
--

Identificação ESTUDOS AMBIENTAIS PARA LICENCIAMENTO DO PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGEM MENEZES I

Município do Trabalho: BRUMADINHO,	UF :MG	Município da sede: SÃO PAULO,	UF :SP
------------------------------------	--------	-------------------------------	--------

Forma de participação: EQUIPE	Perfil da equipe: MULTIDISCIPLINAR
-------------------------------	------------------------------------

Área do Conhecimento: ECOLOGIA, ZOOLOGIA	Campo de Atuação: MEIO AMBIENTE E BIODIVERSIDADE
--	--

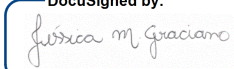
Descrição sumária da atividade: Elaboração dos estudos ambientais, com ênfase nos grupos da Mastofauna e herpetofauna, para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA, PIA, PRADA, PCIA, Estudo de Critérios Locacionais.
--

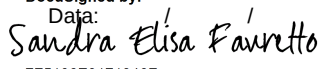
Valor: R\$ 5.000,00	Total de horas: 240
---------------------	---------------------

Início 13/04/2023	Término
-------------------	---------

ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: / / DocuSigned by:  Assinatura do Profissional
--

DocuSigned by: Data:  7F5106E9171946F... Assinatura e Carimbo do Contratante

verifique a autenticidade



Solicitação de baixa por distrato

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

Solicitação de baixa por conclusão

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231921491

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

RODRIGO BRAGA SANTINI

Título profissional: **GEÓLOGO**

RNP: **2603852817**

Registro: **52929MG**

Empresa contratada: **ARCADIS LOGOS S/A**

Registro Nacional: **0000019045-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Vale S.A.**

FAZENDA Córrego do Feijão

Complemento:

Cidade: **BRUMADINHO**

Bairro: **ZONA RURAL**

UF: **MG**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0008-20**

Nº: **S/N**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **25/08/2022**

Valor: **R\$ 653.532,72**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

FAZENDA Córrego do Feijão

Complemento:

Cidade: **BRUMADINHO**

Data de Início: **25/08/2022**

Previsão de término: **31/07/2023**

Coordenadas Geográficas: **-20.135858, -44.107617**

Finalidade:

Proprietário: **Vale S.A.**

Código: **Não Especificado**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0008-20**

4. Atividade Técnica

13 - Direção de serviço técnico

Quantidade

Unidade

23 - Consultoria > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.6 - DE ESTUDOS AMBIENTAIS

1,00

un

5. Observações

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

Elaboração dos estudos ambientais para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA, PIA, PRADA, PCIA, Estudo de Critérios Locacionais.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/legpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente de que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

DocuSigned by:

RODRIGO SANTINI

1470268ADC86490...

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

RODRIGO BRAGA SANTINI - CPF: 281.747.168-74

Local

data

Vale S.A. - CNPJ: 33.592.510/0008-20

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: C08dd
 Impresso em: 30/03/2023 às 12:08:37 por: , ip: 200.25.56.71

www.crea-mg.org.br

Tel: 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br

Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por Aídeno Godinho. Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código B2D1-46B3-B3D9-7327. This document has been electronically signed by Aídeno Godinho. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code B2D1-46B3-B3D9-7327.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231921491

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

Valor da ART: **R\$ 254,59**

Registrada em: **24/03/2023**

Valor pago: **R\$ 254,59**

Nosso Número: **8601172728**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: C08dd
Impresso em: 30/03/2023 às 12:08:37 por: , ip: 200.25.56.71

www.crea-mg.org.br
Tel: 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por Aídeno Godinho.
Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código B2D1-46B3-B3D9-7327. This document has been electronically signed by Aídeno Godinho. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code B2D1-46B3-B3D9-7327.

PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/B2D1-46B3-B3D9-7327> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/B2D1-46B3-B3D9-7327> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: B2D1-46B3-B3D9-7327



Hash do Documento

F8F449D4CC7D73E1FBA2EE1E743850ABA12142124DE6195FBCD911A06C38EA03

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 20/04/2023 é(são) :

☒ Aidene Godinho (Signatário) - 857.072.446-20 em 20/04/2023 16:56 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: Aidene.Godinho@Vale.Com

Evidências

Client Timestamp Thu Apr 20 2023 16:56:20 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -19.971102 Longitude: -43.968249 Accuracy: 99

IP 189.13.255.1

Hash Evidências:

46595B233615A7341F5AAC6BC35C10356CC29949592C563D11354BC408939982





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231956451

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
 EQUIPE à MG20231921491

1. Responsável Técnico

LUANNA DI GUIMARAES

Título profissional: **ENGENHEIRA AMBIENTAL**

RNP: **1413707807**

Registro: **MG00000184549D MG**

Empresa contratada: **ARCADIS LOGOS S/A**

Registro Nacional: **0000019045-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **VALE SA**

ESTRADA Córrego DO FEIJÃO

Complemento:

Cidade: **BRUMADINHO**

Bairro: **ZONA RURAL**

UF: **MG**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0008-20**

Nº: **S/N**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **25/08/2022**

Valor: **R\$ 653.532,72**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

Situação: **BAIXA DE ART**

Atendido: **SIM**

Data da Solicitação: **11/04/2023**

Data do Atendimento:

Motivo: **ART BAIXADA EM VIRTUDE DO CANCELAMENTO DO REGISTRO DA EMPRESA**

3. Dados da Obra/Serviço

FAZENDA Córrego do Feijão

Nº: **S/N**

Complemento:

Cidade: **BRUMADINHO**

Bairro: **ZONA RURAL**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Data de Início: **25/08/2022**

Previsão de término: **31/07/2023**

Coordenadas Geográficas: **-20.135858, -44.107617**

Finalidade:

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **VALE SA**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0008-20**

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria

Quantidade

Unidade

23 - Consultoria > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.1 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

1,00

un

23 - Consultoria > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.9 - IDENTIFICAÇÃO E POTENCIALIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

1,00

un

20 - Gestão

Quantidade

Unidade

23 - Consultoria > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.6 - DE ESTUDOS AMBIENTAIS

1,00

un

5. Observações

Elaboração dos estudos ambientais para Licenciamento ambiental da Descaracterização da Barragem Menezes I, contendo EIA/RIMA, PCA, PIA, PRADA, PCIA, Estudo de Critérios Locacionais.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/legpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente de que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SENGE-MG - Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: Z9998

Impresso em: 11/04/2023 às 14:50:06 por: , ip: 200.25.56.72

www.crea-mg.org.br

atendimento@crea-mg.org.br

Tel: 031 2732

Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por Aídené Godinho. Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código 6C3C-6A69-EC4A-C27B. This document has been electronically signed by Aídené Godinho. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code 6C3C-6A69-EC4A-C27B.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231956451

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

DocuSigned by:

Luanna Guimarães INICIAL
 EQUIPE a MG20231921491
 751A5A2037F44E5...

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

LUANNA DI GUIMARAES - CPF: 098.267.306-02

_____, _____ de _____ de _____
 Local data

VALE SA - CNPJ: 33.592.510/0008-20

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 96,62**

Registrada em: **06/04/2023**

Valor pago: **R\$ 96,62**

Nosso Número: **8601216850**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: Z9998
 Impresso em: 11/04/2023 às 14:50:07 por: , ip: 200.25.56.72

www.crea-mg.org.br
 Tel: 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
 Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por Aídeno Godinho.
 Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código 6C3C-6A69-EC4A-C27B. This document has been digitally signed by {signersNames}. The document has been electronically signed by Aídeno Godinho. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code 6C3C-6A69-EC4A-C27B.

PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/6C3C-6A69-EC4A-C27B> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/6C3C-6A69-EC4A-C27B> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: 6C3C-6A69-EC4A-C27B



Hash do Documento

597D46E698D6614708860C525B7B0EBA7994419225549A3373E475FED82C2E9D

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 20/04/2023 é(são) :

☒ Aidene Godinho (Signatário) - 857.072.446-20 em 20/04/2023 16:55 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: Aidene.Godinho@Vale.Com

Evidências

Client Timestamp Thu Apr 20 2023 16:55:31 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -19.971101 Longitude: -43.968249 Accuracy: 99

IP 189.13.255.1

Hash Evidências:

4FA60CFE4E90342ECD14F3DA47CC4DB99ECB455BCE803D40B3BC797326829987





Sobre a Arcadis

Arcadis é a empresa líder global de Design & Consultoria para ativos naturais e construídos. Aplicando nossos profundos insights do setor de mercado e serviços de design coletivo, consultoria, engenharia, projeto e gestão trabalhamos em parceria com nossos clientes para proporcionar resultados excepcionais e sustentáveis ao longo do ciclo de vida de seus ativos naturais e construídos. Somos 27.000 pessoas ativas em mais de 70 países que geram €3,3 bilhões em receitas. Apoiamos a UNHabitat com conhecimento e experiência para melhorar a qualidade de vida em cidades em rápido crescimento em todo o mundo.

www.arcadis.com.br



Arcadis Brasil

Av. das Nações Unidas, 12.995 - 14º andar - Conjunto 141, Brooklin

São Paulo (SP) - Brasil - CEP 04578-911

T: 55 (11) 3117.3171

E: contato@arcadis.com